



LAPORAN PENELITIAN

JUDUL:

**MODEL REVITALISASI DAN INOVASI SENI BUDAYA TRADISIONAL MELALUI
KARAKTERISASI SPEKTRUM AUDIO GEMELAN KERATON NGAYOGYAKARTA
HADININGRAT DAN APLIKASINYA PADA INSTRUMEN MUSIK MODERN
(KASUS PELESTARIAN BUDAYA ADI LUHUNG GEMELAN KK GUNTUR MADU
DAN KK NAGA WILAGA)**

JENIS/SKIM PENELITIAN	BIDANG PENELITIAN
PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL	SENI BUDAYA/INDUSTRI KREATIF

KETUA PENELITIAN	ANGGOTA
Nama : Dr. Heru Kuswanto	Dr. Insih Wilujeng
Jurusan : Pendidikan Fisika	Saptomo. M.Kar
Fakultas : MIPA	

NOMOR SUBKONTRAK
08/SPI-Stranas/U34.21/2012

NILAI KONTRAK
Rp. 85 000 000,00

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
TAHUN 2012

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL**

1. Judul Penelitian : MODEL REVITALISASI DAN INOVASI SENI BUDAYA TRADISIONAL MELALUI KARAKTERISASI SPEKTRUM AUDIO GAMELAN KERATON NGAYOGYAKARTA HADININGRAT DAN APLIKASINYA PADA INSTRUMEN MUSIK MODERN (KASUS PELESTARIAN BUDAYA ADI LUHUNG GAMELAN KK GUNTUR MADU DAN KK NAGA WILAGA)
2. Bidang Penelitian : Seni dan sastra dalam mendukung industri kreatif (*Creative Industry*)
3. Lokasi Penelitian : Kraton Yogyakarta, dan Lab. Fisika Akustik
4. Waktu Penelitian : 10 Bulan (Februari – November) 2012
5. Ketua Tim Peneliti
Nama : Dr. Heru Kuswanto.
Jabatan : Lektor Kepala
Jurusan : Pendidikan Fisika
Fakultas : FMIPA
6. Alamat : Karangmalang, Depok, Sleman, DIY
No. Telp/Fax : (0274) 586168 dan (0274) 548203
E-mail : herukus61@yahoo.fr
No. Telp Rumah/HP : (0274) 621003 / 08121582251
7. Jumlah Dana yang disetujui : Rp. 85.000.000,00 (delapan puluh lima juta rupiah)

Mengetahui,
Dekan FMIPA UNY

Yogyakarta, Nopember 2012
Ketua Tim Peneliti,

Dr. Hartono
NIP. 19620329 198702 1 002

Dr. Heru Kuswanto
NIP. 19611112 198702 1 001

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Negeri Yogyakarta

Prof. Dr. Anik Ghufron
NIP. 19621111 198803 1 001

DAFTAR ISI

	halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Daftar Isi	iii
Abstrak	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Luaran	7
E. Manfaat Penelitian	8
BAB II KAJIAN TEORI	9
A. Dasar-dasar Akustik	9
B. Analisis dan Sintesis Bunyi	13
C. Gamelan Jawa	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
BAB IV HASIL PENELITIAN	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
DAFTAR PUSTAKA	44

ABSTRAK

Gamelan merupakan seperangkat ansambel tradisional Jawa. Orkestra ini memiliki tangga nada pentatonic dalam sistem skala *slendro* dan sistem skala *pelog*. Keraton Yogyakarta memiliki sekitar 18-19 set ansambel gamelan pusaka, 16 diantaranya digunakan sedangkan sisanya dalam kondisi yang kurang baik. Setiap gamelan memiliki nama kehormatan sebagaimana sepantasnya pusaka yang sakral. Tiga buah gamelan dari berasal dari zaman sebelumperjanjian Giyanti dan lima belas sisanya berasal dari zaman Kesultanan Yogyakarta. Tiga gamelan tersebut adalah **gamelan monggang** yang bernama *KK Guntur Laut*, **gamelan kodhok ngorek** yang bernama *KK Maeso Ganggang*, dan **gamelan sekati** yang bernama *KK Guntur Madu dan KK. Naga Wilaga*. Ketiganya merupakan gamelan terkeramat dan hanya dimainkan/dibunyikan pada even-even tertentu saja.

Mengingat tidak ada material yang benar-benar bisa bertahan melawan berjalannya waktu, maka sangat diperlukan upaya pelestarian yang sistematis dan dapat di *setting* ulang apabila suatu saat tidak dapat digunakan lagi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk; (1) melakukan estimasi dan analisis karakteristik akustik musik gamelan KK Guntur Madu, (2) melakukan revitalisasi fungsi gamelan dalam pengembangan budaya bangsa, (3) melakukan proses editing dan rekonstruksi bunyi gamelan sebagai alternatif untuk diaplikasikan pada instrumen musik modern sebagai seni yang mendukung industri kreatif, (4) melakukan pengujian teknis dan analisis akustik terhadap warna bunyi gamelan yang dihasilkan, (5) melakukan verifikasi dan validasi warna bunyi yang dihasilkan dengan melibatkan pakar bidang seni musik tradisional khususnya bidang gamelan Jawa, (6) mendesain model pelestarian dan pembudayaan pada generasi muda lewat aplikasinya di instrumen musik modern, (7) pengajuan HKI bagi karakterisasi instrumen musik tradisional gamelan sebagai upaya menjaga budaya adiluhung keraton Ngayogyakarta Hadiningrat, (8) mempersiapkan publikasi ilmiah di jurnal bereputasi internasional dan/atau di jurnal nasional terakreditasi, karena penelitian ini memiliki kekhususan dan kemanfaatan yang tinggi, sekurang-kurangnya pada akhir periode penelitian dapat menerima surat persetujuan diterbitkan (*acceptance letter*)

Penelitian ini direncanakan dalam tiga tahapan program penelitian dan setiap tahapan dilakukan selama satu tahun anggaran. Tahapan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2012 sampai bulan Oktober 2012. Tahapan perekaman suara masing-masing wilahan Gamelan Jawa dilakukan di Keraton Yogyakarta. Tahapan analisis spektrum vibrasi dan aplikasinya pada "electone", dilakukan di Laboratorium Fisika Akustik Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY. Obyek penelitian ini adalah seluruh wilahan gamelan Jawa Standar, yang terdiri dari laras pelog dan laras slendro. Masing-masing wilahan Gamelan yang akan di uji spektrum vibrasinya menggunakan Gamelan Jawa standar yang ada di Keraton Yogyakarta. Data dalam penelitian ini diperoleh melalui eksperimen. Variabel terikat yang diamati adalah berbagai macam wilahan gender barung baik laras pelog maupun laras slendro pada gamelan yang dijadikan sampel penelitian. Sedangkan variabel bebasnya adalah frekuensi dan warna bunyi setiap wilahan. Instrumen yang dipergunakan untuk mendapatkan data dalam penelitian ini berupa sistem peralatan pengukur frekuensi bunyi dan sistem peralatan untuk mempelajari spektrum getaran suara yang ditimbulkan oleh Gamelan Jawa. Sedangkan alat untuk mempelajari spektrum getaran menggunakan komputer beserta perangkat program dan interface-nya. Perangkat tersebut sering dikenal sebagai Sound Forge 10.0,

Hasil penelitian tahun pertama memperoleh sejumlah data spektrum untuk dua perangkat gamelan KK Naga Wilaga dan KK Guntur Madu. Sebagian data dimanfaatkan untuk publikasi paada seminar nasional dengan judul **Pemanfaatan Sonogram untuk Mengidentifikasi Gong Ageng dari Gamelan di Keraton Ngayogyakarta**. Penelitian juga menghasilkan produk berupa “eletone” dengan keluaran bunyi saron demung, ricik dan peking. Penelitian perlu dilanjutkan untuk memperbaiki tampilan dari “electone” agar lebih menarik. Penelitian juga perlu dilanjutkan untuk menghasilkan”electone” dengan keluaran perangkat gamelan lain seperti boning, bende, dan kenong. Penelusuran hak paten telah dilakukan pada paten USA. Pada umunya paten memanfaatkan ensemble gamelan untuk terapi audio.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

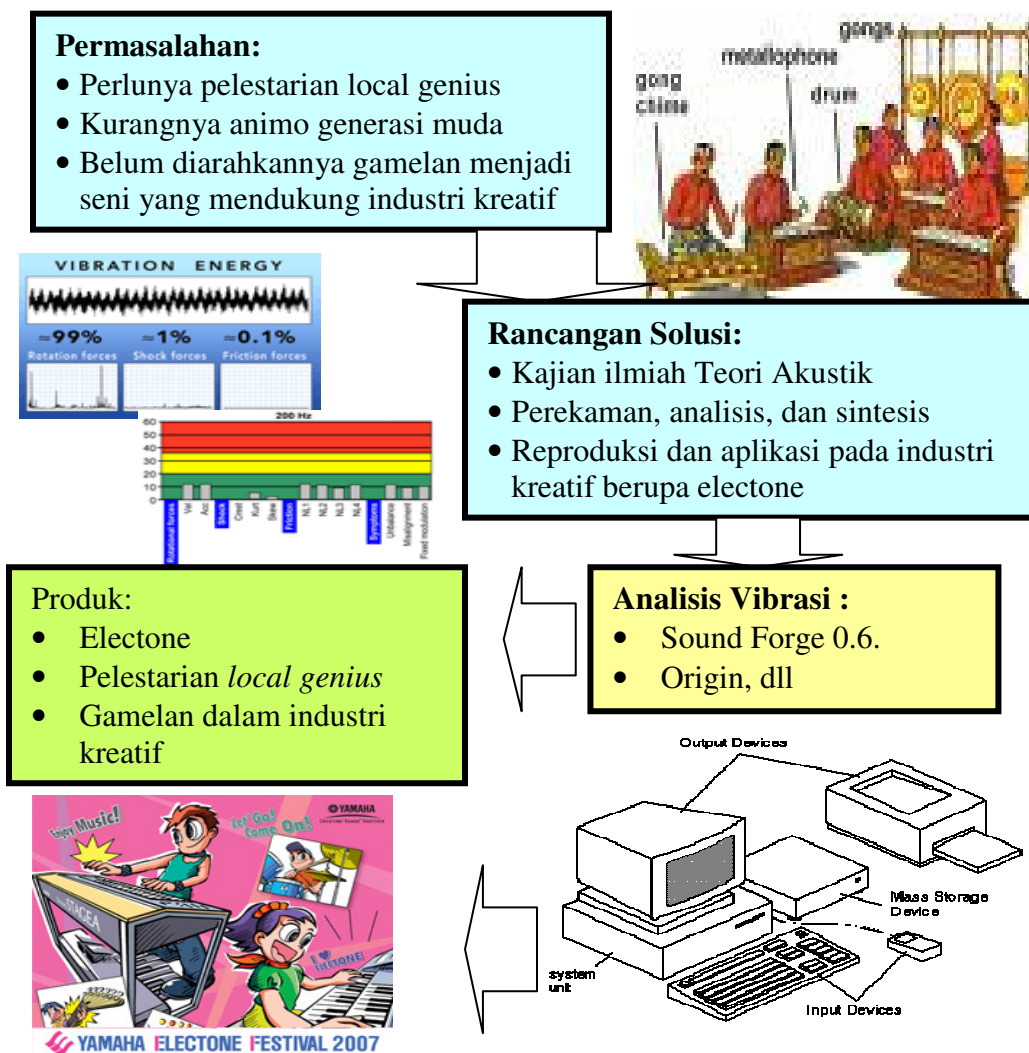
Keraton Ngayogyakarta Hadiningrat atau Keraton Yogyakarta merupakan istana resmi Kesultanan Ngayogyakarta Hadiningrat yang kini berlokasi di Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. Gamelan merupakan seperangkat ansambel tradisional Jawa. Orkestra ini memiliki tangga nada pentatonis dalam sistem skala *slendro* dan sistem skala *pelog*. Keraton Yogyakarta memiliki sekitar 18-19 set ansambel gamelan pusaka, 16 diantaranya digunakan sedangkan sisanya (*KK Bremara* dan *KK Panji*) dalam kondisi yang kurang baik. Setiap gamelan memiliki nama kehormatan sebagaimana sepantasnya pusaka yang sakral. Tiga buah gamelan dari berasal dari zaman sebelum Perjanjian Giyanti dan lima belas sisanya berasal dari zaman Kesultanan Yogyakarta. Tiga gamelan tersebut adalah **gamelan monggang** yang bernama *KK Guntur Laut*, **gamelan kodhok ngorek** yang bernama *KK Maeso Ganggang*, dan **gamelan sekati** yang bernama *KK Guntur Madu*. Ketiganya merupakan gamelan terkeramat dan hanya dimainkan/dibunyikan pada even-even tertentu saja.

Gamelan sekati *KK Guntur Madu* dimainkan di Pagongan Kidul saat Upacara Sekaten, serta dalam upacara sunatan dan pernikahan Putra Mahkota. Konon gamelan ini berasal dari zaman Kesultanan Demak. Versi lain mengatakan alat musik ini buatan Sultan Agung saat memerintah kerajaan Mataram. Gamelan ini menjadi milik Kesultanan Yogyakarta setelah perjanjian Giyanti sementara pasangannya *KK Guntur Sari* menjadi milik Kesultanan Surakarta. Agar gamelan sekati ini tetap berjumlah sepasang maka dibuatlah duplikatnya (jw. dipun putrani) dan diberi nama *KK Naga Wilaga* yang dibunyikan di Pagongan Utara. Kekhususan gamelan ini adalah bentuknya yang lebih besar dari gamelan umumnya dan instrumen kendhang (gendang) yang mencerminkan Hinduisme digantikan oleh *bedug* kecil (dianggap mencerminkan Islam).

Mengingat tidak ada material yang benar-benar bisa bertahan melawan berjalannya waktu, maka sangat diperlukan upaya pelestarian yang sistematis dan dapat di *setting* ulang apabila suatu saat tidak dapat digunakan lagi. Karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang karakterisasi spektrum audio gamelan “KK Guntur Madu” dan “KK Naga

Wilaga” serta aplikasinya pada instrumen musik modern sebagai upaya pelestarian budaya adi luhung keraton ngayogyakarta hadiningrat.

Penelitian ini dilakukan melalui suatu wadah Pusat Studi Getaran dan Akustik (PSGA) FMIPA UNY, yang juga melibatkan pakar bidang seni musik, khususnya seni musik tradisional. Karena keberadaanya di tengah-tengah masyarakat Jawa, sudah selayaknya menaruh perhatian besar terhadap segi-segi ilmiah dari gamelan yang termasuk dalam bidang getaran dan akustik, yakni suatu cabang ilmu alam yang mempelajari getaran-getaran mekanik termasuk bunyi. Dengan demikian luaran penelitian ini diharapkan dapat menjadi suatu alternatif model pengembangan seni yang mendukung industri kreatif dan sekaligus sebagai wahana pelestarian musik tradisional yang dimulai dengan Gamelan Jawa standar.



Gambar 1. Kerangka Pemecahan Masalah

B. Tujuan Khusus

Tujuan umum dari penelitian ini adalah menghasilkan suatu model pelestarian gamelan Jawa kuno sebagai budaya adi luhung keraton Ngayogyakarta Hadiningrat agar tetap terjaga kualitasnya melalui karakterisasi spektrum audio gamelan “KK Guntur Madu” dan “KK Naga Wilaga” serta aplikasinya pada instrumen musik modern. Sedangkan tujuan khusus dari penelitian, adalah:

1. Melakukan estimasi dan analisis karakteristik akustik musik gamelan KK Guntur Madu,
2. Melakukan revitalisasi fungsi gamelan dalam pengembangan budaya bangsa,
3. Melakukan proses editing dan rekonstruksi bunyi gamelan sebagai alternatif untuk diaplikasikan pada instrumen musik modern sebagai seni yang mendukung industri kreatif.
4. Melakukan pengujian teknis dan analisis akustik terhadap warna bunyi gamelan yang dihasilkan.
5. Melakukan verifikasi dan validasi warna bunyi yang dihasilkan dengan melibatkan pakar bidang seni musik tradisional khususnya bidang gamelan Jawa.
6. Mendesain model pelestarian dan pembudayaan pada generasi muda lewat aplikasinya di instrumen musik modern.
7. Pengajuan HKI bagi karakterisasi instrumen musik tradisional gamelan sebagai upaya menjaga budaya Adiluhung Keraton Ngayogyakarta Hadiningrat
8. Mempersiapkan publikasi ilmiah di jurnal bereputasi internasional dan/atau di jurnal nasional terakreditasi, karena penelitian ini memiliki kekhususan dan kemanfaatan yang tinggi, sekurang-kurangnya pada akhir periode penelitian dapat menerima surat persetujuan diterbitkan (*acceptance letter*)

C. Urgensi Penelitian

Program penelitian fundamental strategis nasional ini berkaitan dengan upaya mengaplikasikan teori akustik pada seni tradisional Gamelan Jawa. Dengan demikian, diharapkan akan menghasilkan luaran yang bermanfaat bagi peningkatan daya saing bangsa khususnya dalam upaya peningkatan seni dan sastra dalam mendukung pengembangan industri kreatif (*creative industry*), dan sekaligus sebagai upaya pelestarian *local genius*. Oleh karena itu, urgensi dari penelitian ini antara lain adalah:

1. **Temuan baru berupa invensi yang dapat dipatenkan.** Karena terdapat rekayasa dan modifikasi yang sangat khusus dengan mengaplikasikan teori akustik untuk mengembangkan industri kreatif berupa *electone*, maka tentu saja hasil penelitian ini memiliki potensi untuk dipatenkan.
2. **Publikasi artikel ilmiah pada jurnal nasional/internasional yang terakreditasi.** Modifikasi variabel fisis dan karakteristik khas untuk gamelan Jawa Standar yang spesifik sangat memungkinkan untuk dijadikan artikel publikasi jurnal internasional, apalagi ada unsur rekayasa pada bagian teknologinya.
3. **Teknologi tepat guna.** Rekayasa yang dilakukan dengan modifikasi frekuensi, intensitas dan amplitudo gamelan jawa “KK Guntur Madu” dan “KK Naga Wilaga” yang diaplikasikan pada instrumen musik modern adalah sangat berguna bagi upaya pelestarian budaya lokal.

BAB II

STUDI PUSTAKA

A. State of The Art

Dasar – Dasar Akustik

a. Mekanisme Terbentuknya Suara

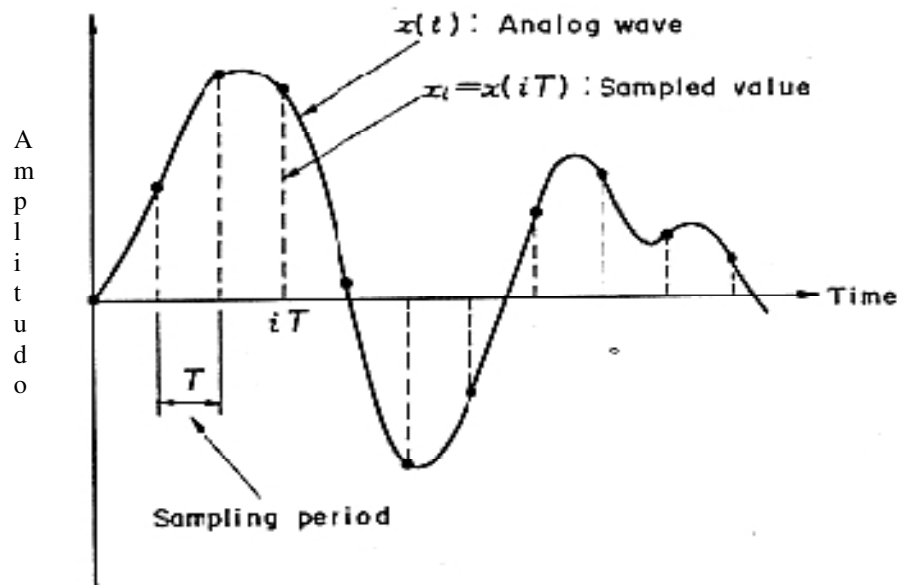
Mekanisme getaran suara sebenarnya sangat kompleks. Ketika celah suara menegang dan tekanan udara meningkat dari paru-paru, periode membuka dan menutupnya menjadi pendek dan frekuensi (*pitch*) sumber suara menjadi tinggi. Periode membuka dan menutup ini disebut getaran celah suara. Sebaliknya, kondisi tekanan udara yang rendah menghasilkan suara dengan frekuensi rendah. Sumber suara terdiri atas komponen fundamental dan harmonik yang dimodifikasi oleh jalur vokal untuk menghasilkan kualitas gaya suara, seperti dalam menghasilkan bunyi vokal /a/ dan /o/.

b Pemrosesan Sinyal Digital Suara

Digitalisasi merupakan proses konversi sinyal analog menjadi sinyal digital, yang terdiri atas pencuplikan, kuantisasi, dan pengkodean. Pencuplikan adalah proses untuk menggambarkan sinyal kontinu sebagai nilai runtun periodis. Kuantisasi meliputi pendekatan representasi nilai gelombang oleh salah satu nilai terhitung. Pengkodean merupakan penandaan nilai aktual untuk setiap nilai, pengkodean yang sering digunakan adalah pengkodean biner (Dessy, I: 2006). Dalam proses ini sinyal analog kontinu mampu diubah menjadi runtun kode yang terpilih dari sinyal terhitung.

c. Pencuplikan (Sampling)

Dalam proses pencuplikan, sinyal analog $x(t)$ diubah ke runtun tercuplik menjadi nilai $\{x_i\}=\{x(iT)\}$ pada waktu periodis $t_i=iT$ (i adalah integer), seperti yang tergambar pada gambar 2.



Gambar 2. Pencuplikan dalam kawasan waktu (Sadaoki Furui, 1989)

$T(s)$ disebut waktu pencuplikan, dan $S = 1/T$ (Hz), disebut frekuensi pencuplikan. Jika T terlalu besar, sinyal asli tidak dapat dihasilkan dari runtun tercuplik; sebaliknya, jika T terlalu kecil, cuplikan tidak dapat digunakan untuk menghasilkan sinyal asli dalam runtun tercuplik. Teorem Shannon-Someya menyatakan hubungannya antara lebar bidang frekuensi sinyal analog tercuplik dan waktu tercuplik diusulkan sebagai penyelesaian masalah ini (Shannon dan Weaver, 1949).

d. Gelombang Suara

Gelombang suara adalah getaran/osilasi yang terjadi akibat fenomena tekanan, regangan, perubahan posisi partikel, dan perubahan kecepatan partikel dari medium pengantar gelombang suara itu sendiri (udara, air/cairan atau juga benda padat). Getaran/osilasi itu sendiri, terjadi pada sumber suaranya, misalnya snar gitar dan juga body gitar itu sendiri. Gelombang suara itu sendiri harus merambat melalui medium (atau juga kombinasi medium2 dengan jenis berbeda, misalnya udara dan tembok atau kaca jendela). Gelombang suara yang merambat di udara (umumnya) merupakan penyebab terjadinya sensasi pendengaran pada telinga manusia.

Seperti efek domino, pergerakan gelombang terjadi dengan cara perpindahan energi yang terdapat pada gelombang tersebut dari satu partikel ke satu partikel dekat lainnya pada suatu medium. Kecepatan rambat gelombang bergantung pada kerapatan massa mediumnya. Di udara, gelombang suara merambat dengan kecepatan kira-kira 340 m/s. Pada medium rambat zat cair dan padat, kecepatan rambat gelombang suara menjadi lebih cepat yaitu 1500 m/s di dalam air dan 5000 m/s di dalam besi.

e. Parameter gelombang suara.

1). Tekanan Suara (p):

Penyimpangan tekanan medium dari kondisi seimbang yang terjadi akibat adanya propagasi gelombang suara. Diukur dalam satuan Pascal (Pa). Parameter ini dipersepsikan oleh telinga manusia sebagai

2). Frekuensi (f) :

Jumlah osilasi partikel medium yang terjadi dalam setiap detik. Diukur dalam satuan cps (cycle per second) atau Hertz (Hz)

3). Kecepatan Rambat Gelombang (c) :

Perbandingan antara jarak tempuh gelombang dengan waktu yang diperlukannya. Diukur dalam satuan meter/sekon (m/s) atau meter/detik (m/dt).

4). Tekanan Suara RMS

RMS (Root Mean Square) adalah rata-rata dari akar kuadrat. Ketentuan Tekanan Suara RMS ini dimaksudkan untuk mencari nilai rata-rata tekanan dari sinyal yang berosilasi. Cara penghitungannya adalah sebagai berikut

$$\boxed{\left\langle p(t)^2 \right\rangle_t = \frac{P^2}{2} \quad \text{dan} \quad p_{rms} = \frac{P}{\sqrt{2}}} \quad (1)$$

Dimana :

$p(t)$ = tekanan akustik, Pa

p = Amplitudo max. dari fungsi tekanan akustik

f. Besaran Fisika Akustik

1). Intensitas Suara (I):

Gelombang suara pada umumnya menyebar dengan arah persebaran spheris / bola, atau menyebar ke segala arah dengan merata, kecuali pada kondisi-kondisi tertentu yang disebabkan oleh atenuasi lingkungan. Intensitas suara menggambarkan kerapatan energy suara persatuan luas persebaran. Pada sumber dengan propagasi gelombang bidang (satu dimensi), penghitungan Intensitas (I) menggunakan rumus berikut :

$$I = \frac{p_{rms}^2}{\rho_0 c_0} \quad (2)$$

Untuk sumber titik dengan propagasi gelombang bola, intensitas suara dapat dihitung menggunakan rumus :

$$I = \frac{p_{rms}^2}{\rho_0 c_0} \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 \quad (3)$$

Dimana :

p_{rms} = tekanan akustik RMS, Pa

c_0 = kecepatan rambat gelombang di udara, m/s

ρ_0 = rapat masa medium rambat g/m^3

2). Daya Suara (W):

Daya suara merupakan besaran fisis akustik yang tidak dipengaruhi oleh jarak. Jika pada suatu sumber titik, dengan arah persebaran gelombang membentuk bola, maka daya suara dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

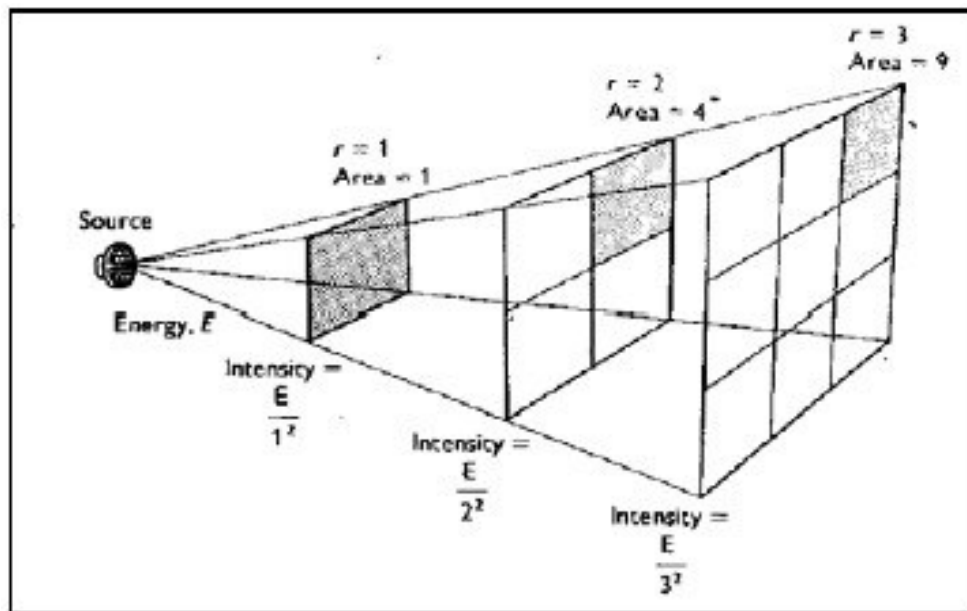
$$W = 4 \pi r^2 \cdot I \quad (4)$$

3). Hubungan Antara Intensitas Suara Dengan Jarak – *Inverse Square Law* :

Diketahui bahwa besaran Intensitas Suara tergantung pada jarak pendengar ke sumber suara. Makin jauh sumber suara dari jangkauan dengar, maka makin berkurangnya intensitas suara yang dapat diterima. Ketergantungan Intensitas Suara terhadap jarak atau yang sering disebut sebagai *Inverse Square Law* dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \quad (5)$$

Gambarannya seperti berikut :



2. Analisis dan Sintesis Bunyi

Tidak semua frekuensi bunyi dapat digunakan untuk men-*drive* stomata agar terbuka. Hanya frekuensi tertentu saja yang dapat mempengaruhi pembukaan stomata daun. Oleh karena itu dalam penerapannya pada teknologi gelombang suara (*sonic bloom*), suara alamiah yang akan direkam perlu dianalisis terlebih dahulu. Disamping itu perlu juga dilakukan

sintesis bunyi untuk mendapatkan suara dengan frekuensi dan warna bunyi yang bersih dari *noise*.

a. Sintesis bunyi

Sintesis bunyi merupakan suatu mekanisme rekonstruksi sinyal bunyi (asli) menjadi suatu sinyal baru yang sama dengan bunyi aslinya atau bahkan lebih baik dari bunyi asalnya. Terdapat berbagai metode dalam melakukan sintesis bunyi, salah satunya dengan sintesis bunyi aditif. Sintesis aditif barangkali merupakan bentuk tertua dari sintesis bunyi digital. Secara teoritis, sintesis bunyi aditif di dasarkan pada konsep klasik yang telah lama dikenal yakni analisis Fourier. Berikut adalah penjelasan tentang mekanisme sintesis bunyi aditif secara konseptual.

Sebagaimana telah dijelaskan di atas, bunyi merupakan suatu gelombang akibat perubahan tekanan medium secara periodik. Oleh karena itu, bunyi dapat dinyatakan secara matematis sebagai suatu fungsi yang periodik. Suatu fungsi periodik sembarang $F(t)$ dengan periode T dapat dinyatakan sebagai :

$$F(t) = F(t + T) \quad (6)$$

Lebih lanjut, berdasarkan analisis Fourier, $F(t)$ dapat dianalisis kedalam fungsi-fungsi sinus $[\sin(2\pi t/T)]$ dan cosinus $[\cos(2\pi t/T)]$ karena fungsi-fungsi tersebut juga periodik (Hirose dan Lonngren, 1985:277). Dengan demikian diperoleh:

$$F(t) = a_0 + a_1 \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) + a_2 \cos\left(\frac{4\pi t}{T}\right) \dots + b_1 \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) + b_2 \sin\left(\frac{4\pi t}{T}\right) + \dots \quad (7)$$

atau

$$F(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \quad (8)$$

dengan a_0 , a_n , dan b_n adalah koefisien-koefisien Fourier yang khas untuk setiap $F(t)$. Agar persamaan (16) nampak lebih sederhana, maka digunakan peubah baru $x = 2\pi t/T$. Dengan demikian diperoleh:

$$F(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(nx) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(nx) \quad (9)$$

dimana periode dari $F(x)$ adalah 2π karena $t = T$ pada saat $x = 2\pi$. Persamaan (17) dapat digunakan untuk menentukan koefisien-koefisien Fourier, yaitu :

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x) \cos(nx) dx \quad (10)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x) \sin(nx) dx \quad (11)$$

dengan $n = 1, 2, 3, \dots$ dan

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} F(x) dx \quad (12)$$

Dapat diamati bahwa nilai a_0 tidak lain merupakan rerata fungsi $F(x)$. Pada persamaan (17), karena $F(t)$ dikonstruksi kembali menjadi suatu deret fungsi dimana setiap sukunya adalah fungsi kosinus dan sinus dengan $n = 1, 2, 3, \dots$, maka dikatakan bahwa $F(t)$ dinyatakan dalam suatu deret fungsi yang memiliki suku-suku harmonik.

Dalam suatu sintesis audio pada umumnya, sinyal yang disintesis memiliki rerata fungsi nol, sehingga $a_0 = 0$. Jika diinginkan suatu sinyal berupa fungsi genap (fungsi yang simetri pencerminan pada sumbu-y di titik asal) dari hasil sintesis bunyi, maka cukup bagian kosinus saja yang digunakan dalam persamaan (16). Hal ini disebabkan suatu sinyal dengan fungsi genap akan menampilkan koefisien-koefisien a_n . Sebaliknya, karena fungsigenap memiliki sifat $F(x) = -F(-x)$, maka substitusi $-x$ ke dalam persamaan (11) akan menghasilkan:

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x) \sin(nx) dx = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(-x) \sin(n[-x]) dx = -\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x) \sin(nx) dx \quad (13)$$

Penjumlahan dari persamaan (19) dan (21) menghasilkan $2b_n = 0$ atau $b_n = 0$. Dengan substitusi $a_0 = 0$ dan $b_n = 0$ ke dalam persamaan (16), diperoleh:

$$F(t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \quad (14)$$

atau

$$F(t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(2\pi f_n t) \quad (15)$$

dengan $f_n = n/T$ adalah frekuensi harmonik ke- n . Persamaan (15) inilah yang digunakan dalam sintesis bunyi aditif. Dalam istilah akustik, a_n adalah amplitudo dari frekuensi akustik ke- n dan t adalah waktu. $A_n \cos(2\pi f_n t)$ adalah suku ke- n dari deret fungsi kosinus atau disebut pula osilator ke- n . Untuk jumlah osilator yang berhingga, persamaan (23) dapat diubah batasnya menjadi:

$$F(t) = \sum_{n=1}^N a_n \cos(2\pi f_n t) \quad (16)$$

Aplikasi persamaan (16) untuk sintesis bunyi dapat dimisalkan sebagai berikut; suatu sinyal bunyi awal memiliki sebuah osilator dengan frekuensi fundamental $f_1 = 1/T$, yang diikuti oleh isolator-isolator dengan frekuensi harmonik, yakni:

$$f_2 = 2 f_1 = 2/T, \quad f_3 = 3 f_1 = 3/T, \dots, \quad f_N = N f_1 = N/T$$

yang jumlahnya berhingga. Frekuensi-frekuensi $f_1, f_2, f_3, \dots, f_N$ dengan amplitudo masing-masing $a_1, a_2, a_3, \dots, a_N$ disubstitusikan ke dalam persamaan (16) adalah hasil sintesis bunyi yang dapat dibunyikan kembali.

Dengan ditentukannya suku-suku deret kosinus (osilator-osilator) untuk suatu sinyal bunyi, maka sinyal bunyi tersebut telah mengalami rekonstruksi menjadi sinyal bunyi yang sama dengan bunyi awal atau bahkan lebih baik dari bunyi awal. Selain untuk sinyal bunyi yang memiliki frekuensi harmonik, persamaan (16) dapat pula digunakan untuk suatu himpunan frekuensi yang tidak harmonik. Sintesis bunyi aditif dapat menghasilkan suara yang tak harmonik jika osilator-osilatornya memiliki frekuensi yang bukan kelipatan bulat dari suatu frekuensi fundamental.

b. Analisis Bunyi

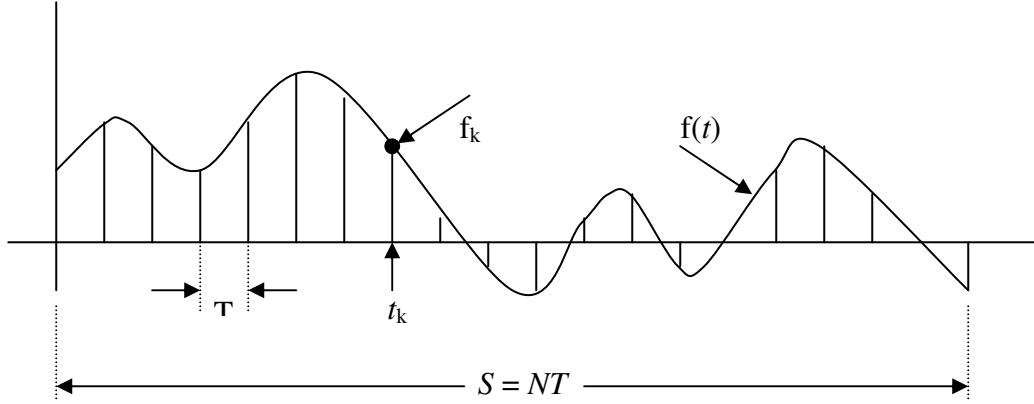
1). Transformasi Fourier Diskrit (DFT)

DFT digunakan untuk menentukan komponen-komponen sinus dan cosinus dari suatu gelombang periodik. Dalam banyak hal, komponen-komponen tersebut lebih berguna dari pada bentuk gelombang itu sendiri. Suatu gelombang $f(t)$ disampling dalam N kali interval-interval $t_0 = 0, t_1 = T, t_2 = 2T, \dots, t_k = kT, \dots, t_{N-1} = (N-1)T$. Interval penyamplingan penuh adalah $S = NT$. Dengan menggunakan notasi $f_k = f(t_k)$, suatu DFT dari f_k didefinisikan sebagai :

$$F_n = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-i2\pi nk / N} \quad (17)$$

dengan :

$$\begin{aligned} e^{i\phi} &= \cos \phi + i \sin \phi & e^0 &= e^{i2\pi} = 1 \\ e^{-i\phi} &= \cos \phi - i \sin \phi & e^{-i\pi} &= -1. \end{aligned}$$



Koefisien-koefisien DFT yang signifikan (bermakna) adalah bahwa F_0 merupakan koefisien fourier pada frekuensi 0 (komponen dc), F_1 adalah koefisien fourier pada frekuensi 1 (1 putaran per S), dan F_n adalah koefisien fourier pada frekuensi n (n putaran per S). Untuk melihat hal itu, berikut ini dihitung beberapa koefisien fourier :

$$F_0 = \sum_{k=0}^{N-1} f_k \quad (\text{jumlah semua amplitudo}). \quad (18)$$

Misalkan dipilih suatu kasus di mana $f_k = C$ (sebuah konstanta), maka $F_0 = NC$ dan semua koefisien fourier yang lain adalah 0. Kasus berikutnya adalah suatu gelombang sinus dengan M putaran lengkap per interval penyamplingan S , atau $f_k = \sin(2\pi kM/N)$.

$$F_n = \sum_{k=0}^{N-1} \sin(2\pi kM/N) [\cos(2\pi kn/N) - i \sin(2\pi kn/N)]. \quad (19)$$

Terkait dengan sifat-sifat ortogonalitas dari deret sinus dan cosinus, maka untuk f_k di atas berlaku :

$$\begin{aligned} F_M &= \sum_{k=0}^{N-1} -i \sin^2(2\pi kM/N) = -iN/2 \\ F_{(N-M)} &= \sum_{k=0}^{N-1} i \sin^2(2\pi kM/N) = iN/2 \end{aligned} \quad (20)$$

dan semua koefisien fourier yang lain adalah 0. Selanjutnya terlihat bahwa koefisien fourier ke n mendeskripsikan amplitudo dari sembarang komponen gelombang sinus dengan n putaran lengkap per interval penyangmlingan.

Koefisien-koefisien fourier di luar interval dar 0 sampai dengan $N/2$ memiliki korespondensi. Dari definisi DFT, amplitudo fourier untuk N putaran per interval penyangmlingan S adalah sama dengan 0 putaran per S . Dengan demikian :

$$F_N = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-i2\pi k} = \sum_{k=0}^{N-1} f_k = F_0. \quad (21)$$

Di atas N sampel per S , semua amplitudo fourier adalah sama dengan pasangan di bawahnya.

$$F_{N+n} = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-i2\pi k} e^{-i2\pi nk / N} = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-i2\pi nk / N} = F_n. \quad (22)$$

Antara $N/2$ dan N sampel per S , diperoleh hasil sebagai berikut :

$$F_{N-n} = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-i2\pi k} e^{+i2\pi nk / N} = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{+i2\pi nk / N}. \quad (23)$$

Jika f_k riil, maka $F_{N-n} = F_n^*$ dan $F_{N/2}$ riil (*menyatakan suatu konjugate kompleks). $F_{N/2}$ adalah koefisien fourier pada frekuensi $N/2$ (1 putaran per $2T$). Ini adalah frekuensi terbesar bahwa suatu DFT dapat ditentukan. Semua koefisien fourier untuk frekuensi yang lebih tinggi adalah sama dengan atau merupakan konjugate kompleks dari koefisien-koefisien untuk frekuensi-frekuensi yang lebih rendah. Sehingga hanya ada $N/2$ koefisien fourier yang bebas (independent).

Jika penyangmlingan frekuensi tersebut tidak cukup, komponen-komponen frekuensi yang lebih tinggi dari gelombang yang sesungguhnya $f(t)$ akan muncul sebagai komponen-komponen frekuensi yang lebih rendah dalam DFT. Ini disebut aliasing frekuensi. Tidak ada cara untuk membetulkan data setelah penyangmlingan dilakukan. Solusi yang biasa terhadap persoalan ini adalah menggunakan filter analog lolos rendah (filter antu aliasing) yang akan mengeliminasi semua frekuensi

di atas $f_s/2$ sebelum penyamplingan. Suatu pernyataan berdasarkan hasil tersebut merupakan teorema penyamplingan yang mengatakan bahwa untuk dapat mencakup secara lengkap suatu sinyal kontinu dari pasangannya yang disampling, frekuensi penyamplingan f_s harus sekurang-kurangnya dua kali frekuensi tertinggi dalam sinyal tersebut.

Setiap koefisien fourier F_n pada umumnya adalah kompleks, bagian riilnya mendeskripsikan amplitudo yang menyerupai cosinus dan bagian imajineranya mendeskripsikan amplitudo yang menyerupai sinus. Modulus atau magnetudo G_n didefinisikan sebagai :

$$G_n = \sqrt{\text{Re}(F_n)^2 + \text{Im}(F_n)^2} \quad (24)$$

dan sudut fase θ_n diberikan oleh : $\tan \theta_n = \frac{\text{Im}(F_n)}{\text{Re}(F_n)}$.

Invers dari DFT diberikan oleh :

$$f_k = \sum_{n=0}^{N-1} \frac{F_n}{N} e^{+i2\pi nk / N} \quad (25)$$

Jika dihitung f_k di luar interval penyamplingan S akan diperoleh :

$$f_{N+k} = \sum_{n=0}^{N-1} \frac{F_n}{N} e^{+i2\pi n} e^{+i2\pi nk / N} = f_k . \quad (26)$$

Terlihat bahwa sekelompok N koefisien fourier tertentu dari suatu fungsi terbentuk berulang secara tak ada habis-habisnya dengan periodesitas $S = NT$. Ini sejalan dengan hasil terdahulu bahwa sekelompok dari N sampel, koefisien-koefisien fourier berulang terus-menerus dengan periodesitas $N = S/T$.

2). Transformasi Fourier Cepat (FFT)

FFT merupakan metode yang sangat efisien untuk menghitung DFT secara komputasional. Sebagai akibatnya penginterpretasian hasil FFT hanya memerlukan pemahaman dari DFT. Efisiensi komputasional FFT muncul dari kepandaian

menyusun kembali suku-suku dalam DFT sedemikian hingga suku-suku yang sama hanya dihitung sekali. Penghitungan langsung melalui persamaan DFT yang diberikan sebelumnya memerlukan N^2 perkalian dan $N(N-1)$ penjumlahan. Dengan kata lain, FFT hanya memerlukan $N^2 \log N$ perkalian dan $2N^2 \log N$ penjumlahan. Untuk $N = 1024$ cacah perkaliannya direduksi dengan faktor 100.

$$F_n = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{-i2\pi nk/N} = \sum_{k=0}^{N-1} f_k W^{nk} \quad (27)$$

di mana didefinisikan $W = e^{-i2\pi/N}$ dan $W^0 = W^N = 1$. Penulisan ini dalam bentuk matrik dan menggunakan hubungan $W^{N+nk} = W^{nk}$ akan diperoleh :

$$\begin{bmatrix} F_0 \\ F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W^0 & W^0 & W^0 & W^0 \\ W^0 & W^1 & W^2 & W^3 \\ W^0 & W^2 & W^4 & W^6 \\ W^0 & W^3 & W^6 & W^9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_0 \\ f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & W^1 & W^2 & W^3 \\ 1 & W^2 & 1 & W^2 \\ 1 & W^3 & W^2 & W^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_0 \\ f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{bmatrix}$$

Kunci efisiensi dari FFT adalah pemfaktoran dari matrik yang diusahakan (dibuat mungkin) dengan menukarkan baris-baris tertentu.

$$\begin{bmatrix} F_0 \\ F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & W^2 & 1 & W^2 \\ 1 & W^1 & W^2 & W^3 \\ 1 & W^3 & W^2 & W^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_0 \\ f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & W^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & W^1 \\ 0 & 0 & 1 & W^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & W^2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & W^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_0 \\ f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{bmatrix}$$

Pada umumnya, akan ada ${}^2\log N$ matrik dengan $N/2$ perkalian kompleks dan N penjumlahan kompleks per matrik. Setiap kejadian $W^0 = 1$ berarti sebuah penjumlahan sederhana. Pangkat-pangkat lain dari W mencakup perkalian dengan tetapan-tetapan sebelum dihitung. Ketika N menjadi besar, kita memiliki ${}^2\log N$ matrik yang tipis (sparse). Metode langsung persamaan (1-1) memerlukan N^2 perkalian kompleks dan $N(N-1)$ penjumlahan kompleks. Dalam suku-suku dari sejumlah operasi perkalian, FFT mendapatkan keuntungan dengan faktor $2N / {}^2\log N$ terhadap cara langsung, yang lebih besar dari 200 untuk $N = 1024 = 2^{10}$.

3. Gamelan Jawa

a. Laras (Nada Gamelan)

Bagi masyarakat Jawa khususnya, gamelan bukanlah sesuatu yang asing dalam kehidupan kesehariannya. Dengan kata lain, masyarakat tahu benar mana yang disebut gamelan atau seperangkat gamelan. Mereka telah mengenal istilah 'gamelan', 'karawitan', atau 'gangsra'. Namun barangkali masih banyak yang belum mengetahui bagaimana sejarah perkembangan gamelan itu sendiri, sejak kapan gamelan mulai ada di Jawa?.

Seorang sarjana berkebangsaan Belanda bernama Dr. J.L.A. Brandes secara teoritis mengatakan bahwa jauh sebelum datangnya pengaruh budaya India, bangsa Jawa telah memiliki ketrampilan budaya atau pengetahuan yang mencakup 10 butir (Brandes, 1889):

- (1) wayang,
- (2) gamelan,
- (3) ilmu irama sanjak,
- (4) batik,
- (5) pengerjaan logam,
- (6) sistem mata uang sendiri,
- (7) ilmu teknologi pelayaran,
- (8) astronomi,
- (9) pertanian sawah,
- (10) birokrasi pemerintahan yang teratur

Sepuluh butir ketrampilan budaya tersebut bukan dari pemberian bangsa Hindu dari India. Kalau teori itu benar berarti keberadaan gamelan dan wayang sudah ada sejak jaman prasejarah. Namun tahun yang tepat sulit diketahui karena pada masa prasejarah masyarakat belum mengenal sistem tulisan. Tidak ada bukti-bukti tertulis yang dapat dipakai untuk melacak dan merunut gamelan pada masa prasejarah.

Gamelan adalah produk budaya untuk memenuhi kebutuhan manusia akan kesenian. Kesenian merupakan salah satu unsur budaya yang bersifat universal. Ini berarti bahwa setiap bangsa dipastikan memiliki kesenian, namun wujudnya berbeda antara bangsa yang satu dengan bangsa yang lain. Apabila antar bangsa terjadi kontak budaya maka keseniannya pun juga ikut berkontak sehingga dapat terjadi satu bangsa akan menyerap atau mengarn bila unsur seni dari bangsa lain disesuaikan dengan kondisi setempat. Oleh karena itu sejak keberadaan gamelan sampai sekarang telah terjadi perubahan dan perkembangan, khususnya dalam kelengkapan ansambelnya.

Istilah “karawitan” yang digunakan untuk merujuk pada kesenian gamelan banyak dipakai oleh kalangan masyarakat Jawa. Istilah tersebut mengalami perkembangan penggunaan maupun pemaknaannya. Banyak orang memaknai "karawitan" berangkat dari kata dasar “rawit” yang berarti kecil, halus atau rumit. Konon, di lingkungan kraton Surakarta, istilah karawitan pernah juga digunakan sebagai payung dari beberapa cabang kesenian seperti: tatah sungging, ukir, tari, hingga pedhalangan (Supanggah, 2002:5–6).

Dalarn pengertian yang sempit istilah karawitan dipakai untuk menyebut suatu jenis seni suara atau musik yang mengandung salah satu atau kedua unsur berikut (Supanggah, 2002:12):

- (1) menggunakan alat musik gamelan - sebagian atau seluruhnya baik berlaras slendro atau pelog - sebagian atau semuanya.
- (2) menggunakan laras (tangga nada slendro) dan / atau pelog baik instrumental gamelan atau non-gamelan maupun vocal atau carnpuran dari keduanya.

Gamelan Jawa sekarang ini bukan hanya dikenal di Indonesia saja, bahkan telah berkembang di luar negeri seperti di Amerika Serikat, Inggris, Jepang, Canada. Karawitan telah 'mendunia'. Oleh karna itu cukup ironis apabila bangsa Jawa sebagai pewaris langsung malahan tidak mau peduli terhadap seni gamelan atau seni karawitan pada khususnya atau

kebudayaan Jawa pada umumnya. Bangsa lain begitu tekunnya mempelajari gamelan Jawa, bahkan di beberapa negara memiliki seperangkat gamelan Jawa. Sudah selayaknya masyarakat Jawa menghargai karya agung nenek moyang sendiri.

Gamelan adalah ensembel musik yang biasanya menonjolkan metalofon, gambang, gendang, dan gong. Orkes gamelan kebanyakan terdapat di pulau Jawa, Madura, Bali, dan Lombok di Indonesia dalam berbagai jenis ukuran dan bentuk ensembel. Di Bali dan Lombok saat ini, dan di Jawa lewat abad ke-18, istilah gong lebih dianggap sinonim dengan gamelan. Penalaan dan pembuatan orkes gamelan adalah suatu proses yang kompleks. Gamelan menggunakan empat cara penalaan, yaitu sléndro, pélog, “Degung” (khusus daerah Sunda, atau Jawa Barat), dan “madenda” (juga dikenal sebagai diatonis, sama seperti skala minor asli yang banyak dipakai di Eropa).

Gamelan jawa memiliki 2 (dua) sistem nada (laras) yang berbeda yaitu laras slendro dan laras pelog. Laras slendro memiliki 5 (lima) nada, sedangkan laras pelog mempunyai 7 (tujuh) nada. Setiap laras dalam satu perangkat (pangkon) terdiri dari bagian-bagian pokok sebagai berikut :

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1) Kendhang, | 6. Rebab, |
| 2) Gong, | 7. Siter, |
| 3) Kethuk-Kenong, | 8. Gambang, dan |
| 4) Saron, | 9. Gender , |
| 5) Bonang, | 10. Seruling. |

Setiap bagian pokok tersebut terdiri dari bagian-bagian yang lebih kecil lagi, misalnya :

1. Kendang : Bedhug, Batangan, dan Ketipung
2. Gong : Suwukan, Kempul, dan Gong Gedhe.
3. Saron : Demung, Ricik, dan Peking
4. Bonang : Panembung, dan Panerus
5. **Gender** : Slenthem, **Barung**, dan Panerus.

Setiap bagian yang lebih kecil tersebut ada yang tersusun dari wilahan-wilahan, seperti pada :

1. Saron Slendro : Barang, Gulu, Dada, Lima, Nem (5 Wilahan)

2. Saron Pelog : Bem, Gulu, Dada, Pelog, Lima, Nem, Barang (7 wilahan)
3. Gender : Barang, Gulu, Dada, Lima, Nem, , Gulu, (13 Wilahan)
4. Kenong : Kethuk, Barang, Gulu, Dada, Lima, Nem (6 Wilahan)
5. Kempul : 5 Kempul, 2 Suwukan, dan 1 Gong Gedhe.
6. Bonang : Barang, Gulu, Dada, Lima, Nem (10 Wilahan)
7. Gambang : Dada, Lima, Nem, Barang, Gulu, Dada, Lima, (22 Wilahan).

Alat pemukul gending yang berat dan alat tabuh untuk memainkan gamelan menghasilkan melodi yang berdasar pada dua irama (yang disebut laras) yang berlainan ritmenya. Masing-masing laras diikuti oleh alunan gending dengan ritme yang berbeda pula. Laras Slendro terdiri dari lima interval dalam satu oktaf, sedangkan laras Pelog terdiri dari tujuh interval yang tidak sama. Laras Slendro wajib digunakan dalam pertunjukkan wayang kulit, sedangkan laras Pelog biasa digunakan mengiringi tari – tarian perempuan atau pertunjukkan ketoprak. Pembagian laras dalam lima interval (pentatonis) pada gending Jawa merupakan ciri khas dari gamelan jawa.

b. Sumber Data Tentang Gamelan

Kebudayaan Jawa setelah masa prasejarah memasuki era baru yaitu suatu masa ketika kebudayaan dari luar -dalam hal ini kebudayaan India- mulai berpengaruh. Kebudayaan Jawa mulai memasuki jaman sejarah yang ditandai dengan adanya sistem tulisan dalam kehidupan masyarakat. Dilihat dari perspektif historis selama kurun waktu antara abad VIII sampai abad XV Masehi kebudayaan Jawa, mendapat pengayaan unsur-unsur kebudayaan India. Tampaknya unsur-unsur budaya India juga dapat dilihat pada kesenian seperti gamelan dan seni tari. Transformasi budaya musik ke Jawa melalui jalur agama Hindu-Budha.

Data-data tentang keberadaan gamelan ditemukan di dalam sumber verbal yakni sumber - sumber tertulis yang berupa prasasti dan kitab-kitab kesusastaan yang berasal dari masa Hindu-Budha dan sumber piktorial berupa relief yang dipahatkan pada bangunan candi baik pada candi-candi yang berasal dari masa klasik Jawa Tengah (abad ke-7 sampai abad ke-10) dan candi-candi yang berasal dari masa klasik Jawa Timur yang lebih muda (abad ke-11 sampai abad ke-15) (Haryono, 1985). Dalam sumber-sumber tertulis masa Jawa Timur kelompok ansambel gamelan dikatakan sebagai “tabeh - tabehan” (bahasa Jawa baru 'tabuh-

tabuhan' atau 'tetabuhan' yang berarti segala sesuatu yang ditabuh atau dibunyikan dengan dipukul). Zoetmulder menjelaskan kata “gamèl” dengan alat musik perkusi yakni alat musik yang dipukul (1982). Dalam bahasa Jawa ada kata “gèmbèl” yang berarti 'alat pemukul'. Dalam bahasa Bali ada istilah 'gambèlan' yang kemudian mungkin menjadi istilah 'gamelan'. Istilah 'gamelan' telah disebut dalam kaitannya dengan musik. Namur dalam masa Kadiri (sekitar abad ke-13 Masehi), seorang ahli musik Judith Becker malahan mengatakan bahwa kata 'gamelan' berasal dari nama seorang pendeta Burma dan seorang ahli besi bernama Gumlao. Kalau pendapat Becker ini benar adanya, tentunya istilah 'gamelan' dijumpai juga di Burma atau di beberapa daerah di Asia Tenggara daratan, namun ternyata tidak.

c. Gambaran Instrument Gamelan Pada Relief Candi

Pada beberapa bagian dinding candi Borobudur dapat dilihat jenis-jenis instrumen gamelan yaitu: kendang bertali yang dikalungkan di leher, kendang berbentuk seperti periuk, siter dan kecapi, simbal, suling, saron, gambang. Pada candi Lara Jonggrang (Prambanan) dapat dilihat gambar relief kendang silindris, kendang cembung, kendang bentuk periuk, simbal (kècèr), dan suling.

Gambar relief instrumen gamelan di candi-candi masa Jawa Timur dapat dijumpai pada candi Jago (abad ke -13 M) berupa alat musik petik: kecapi berleher panjang dan celempung. Sedangkan pada candi Ngrimbi (abad ke - 13 M) ada relief reyong (dua buah bonang pencon). Sementara itu relief gong besar dijumpai di candi Kedaton (abad ke-14 M), dan kendang silindris di candi Tegawangi (abad ke-14 M). Pada candi induk Panataran (abad ke-14 M) ada relief gong, bendhe, kemanak, kendang sejenis tambur; dan di pandapa teras relief gambang, reyong, serta simbal. Relief bendhe dan terompet ada pada candi Suku (abad ke-15 M).

Berdasarkan data-data pada relief dan kitab-kitab kesusastraan diperoleh petunjuk bahwa paling tidak ada pengaruh India terhadap keberadaan beberapa jenis gamelan Jawa. Keberadaan musik di India sangat erat dengan aktivitas keagamaan. Musik merupakan salah satu unsur penting dalam upacara keagamaan (Koentjaraningrat, 1985:42-45). Di dalam beberapa kitab-kitab kesastraan India seperti kitab Natya Sastra seni musik dan seni tari berfungsi untuk aktivitas upacara. keagamaan (Vatsyayan, 1968). Secara keseluruhan kelompok musik di India disebut 'vaditra' yang dikelompokkan menjadi 5 kelas, yakni: tata

(instrumen musik gesek), *begat* (instrumen musik petik), *sushira* (instrumen musik tiup), *dhola* (kendang), *ghana* (instrumen musik pukul). Pengelompokan yang lain adalah:

- (1) *Avanaddha vadya*, bunyi yang dihasilkan oleh getaran selaput kulit karena dipukul.
- (2) *Ghana vadya*, bunyi dihasilkan oleh getaran alat musik itu sendiri.
- (3) *Sushira vadya*, bunyi dihasilkan oleh getaran udara dengan ditiup.
- (4) *Tata vadya*, bunyi dihasilkan oleh getaran dawai yang dipetik atau digesek.

Klasifikasi tersebut dapat disamakan dengan membranofon (*Avanaddha vadya*), ideofon (*Ghana vadya*), aerofon (*sushira vadya*), kordofon (*tata vadya*). Irama musik di India disebut “*laya*” dibakukan dengan menggunakan pola '*tala*' yang dilakukan dengan kendang. Irama tersebut dikelompokkan menjadi: *druta* (cepat), *madhya* (sedang), dan *vilambita* (lamban).

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian karakter fisis dari nada Gamelan Jawa dengan pengukuran spektrum vibrasi dan analisa frekuensi ini, dilakukan dengan menggunakan metodologi eksperimen. Hasil pengujian kemudian diaplikasikan untuk mengembangkan instrumen musik modern sebagai sebuah upaya menjadikan seni tradisional yang merupakan *local genius* sebagai sebuah industri kreatif.

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini direncanakan dalam tiga tahapan program penelitian dan setiap tahapan dilakukan selama satu tahun anggaran. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut

1. Tahap pertama (tahun 2012)

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2012 sampai bulan Oktober 2012. Tahapan perekaman suara masing-masing wilahan Gamelan Jawa dilakukan di Kraton Yogyakarta. Tahapan analisis spektrum vibrasi dan aplikasinya pada "electone", dilakukan di Laboratorium Fisika Akustik Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY.

Obyek penelitian ini adalah seluruh wilahan gamelan Jawa Standar, yang terdiri dari laras pelog dan laras slendro. Masing-masing wilahan Gamelan yang akan di uji spektrum vibrasinya menggunakan Gamelan Jawa standar yang ada di Keraton Yogyakarta

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui eksperimen. Variabel terikat yang diamati adalah berbagai macam wilahan gender barung baik laras pelog maupun laras slendro pada gamelan yang dijadikan sampel penelitian. Sedangkan variabel bebasnya adalah frekuensi dan warna bunyi setiap wilahan

Instrumen yang dipergunakan untuk mendapatkan data dalam penelitian ini berupa sistem peralatan pengukur frekuensi bunyi dan sistem peralatan untuk mempelajari spektrum getaran suara yang ditimbulkan oleh Gamelan Jawa Standar. Pengukur frekuensi terdiri dari AFG (audio frequency generator), osiloskop (CRO), mikropon, penguat audio, dan perekam suara. Keberadaan AFG adalah tentatif sebagai pembanding saja, karena dengan osiloskoppun dapat diukur frekuensi. Sedangkan alat untuk mempelajari spektrum getaran

menggunakan komputer beserta perangkat program dan interface-nya. Perangkat tersebut sering dikenal sebagai Sound Forge 10.0,

Berkenaan dengan fenomena yang akan dipelajari melalui penelitian ini, maka data percobaannya akan dianalisis dengan metode deskriptif kuantitatif. Frekuensi bunyi yang terukur pada setiap wilahan dibandingkan antara perangkat gamelan yang satu dengan yang lainnya. Frekuensi tersebut juga dibandingkan dengan frekuensi dengan alat yang sama pada gamelan “standar” yang telah diteliti oleh Wasisto, S. Dkk. Kemudian dianalisis spektrum getaran setiap wilahan gender untuk mengetahui kandungan frekuensi dan amplitudonya. Dari kandungan frekuensi beserta amplitudonya dapat dideskripsikan warna bunyi wilahan yang bersangkutan.

a. Aktivitas Pengumpulan Data dan Alat yang digunakan

- 1) Merekam dan menganalisis suara wilahan gamelan jawa standar
 - Gamelan Jawa Standar (KK Guntur Madu dan KK Naga Wilaga)
 - Tape recorder *Sony TCM-150*
 - Kaset kosong *Maxcell UE 90*
 - *Pre-amp*
 - kabel penghubung secukupnya
 - *Personal Computer*
 - *Microphone condenser*
- 2) Mendrive suara pada ”electone”
 - VCD Player
 - Amplifier CK:1003
 - *CD-recodable 80min BenQ*
 - *Loudspeaker* jenis tweeter PT-104 *Piezoelectrico* 150W.
 - *Audiocable* secukupnya
 - *Electronic Tone*

2. Tahap kedua (2013)

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2012 sampai bulan Oktober 2012. Taapan analisis spektrum vibrasi dan aplikasinya pada ”electone”, dilakukan di Laboratorium Fisika Akustik Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY.

Pada tahap kedua dilakukan rancang bangun untuk pembuatan "electone" perangkat gamelan lain. Disamping itu juga dilakukan rancang bangun untuk memperoleh tampilan yang kompak antar perangkat gamelan "electone"

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui eksperimen. Variabel terikat yang diamati adalah berbagai macam wilahan gender barung baik laras pelog maupun laras slendro pada gamelan yang dijadikan sampel penelitian. Sedangkan variabel bebasnya adalah frekuensi dan warna bunyi setiap wilahan

Instrumen yang dipergunakan untuk mendapatkan data dalam penelitian ini berupa sistem peralatan pengukur frekuensi bunyi dan sistem peralatan untuk mempelajari spektrum getaran suara yang ditimbulkan oleh Gamelan Jawa Standar. Pengukur frekuensi terdiri dari AFG (audio frequency generator), osiloskop (CRO), mikropon, penguat audio, dan perekam suara. Keberadaan AFG adalah tentatif sebagai pembanding saja, karena dengan osiloskoppun dapat diukur frekuensi. Sedangkan alat untuk mempelajari spektrum getaran menggunakan komputer beserta perangkat program dan interface-nya. Perangkat tersebut sering dikenal sebagai Sound Forge 10.0, Winscope, atau Waveform Viewer. Semua peralatan tersebut telah tersedia di Laboratorium Fisika Akustik, FMIPA, UNY.

Berkenaan dengan fenomena yang akan dipelajari melalui penelitian ini, maka data percobaannya akan dianalisis dengan metode deskriptif kuantitatif. Frekuensi bunyi yang terukur pada setiap wilahan dibandingkan antara perangkat gamelan yang satu dengan yang lainnya. Frekuensi tersebut juga dibandingkan dengan frekuensi dengan alat yang sama pada gamelan "standar" yang telah diteliti oleh Wasisto, S. Dkk. Kemudian dianalisis spektrum getaran setiap wilahan gender untuk mengetahui kandungan frekuensi dan amplitudonya. Dari kandungan frekuensi beserta amplitudonya dapat dideskripsikan warna bunyi wilahan yang bersangkutan.

Aktivitas dan peralatan yang digunakan pada tahap kedua adalah Mendrive suara pada "electone" sama dengan pada tahap 1

3. Tahap ketiga (2014)

Pada tahap ketiga (tahun 2014) direncanakan akan dilaksanakan uji produk terhadap hasil penelitian tahap pertama dan kedua. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan subjek penelitian anak-anak sekolah dasar, sekolah menengah pertama. Pengambilan

data menggunakan teknik observasi dan pengisian lembar observasi oleh observer. Pengambilan data juga dilakukan kepada para guru seni dengan cara wawancara dan diskusi. Untuk mengukur unjuk kerja produk dibuat instrumen berbentuk skala rating.

Penelitian karakter fisis dari nada Gamelan Jawa Standar dengan pengukuran spektrum vibrasi dan analisa frekuensi ini, dilakukan dengan menggunakan metodologi eksperimen. Hasil pengujian kemudian diaplikasikan untuk mengembangkan instrumen musik modern sebagai sebuah upaya menjadikan seni tradisional yang merupakan *local genius* sebagai sebuah industri kreatif.

1. Aktivitas Pengumpulan Data dan Alat yang digunakan

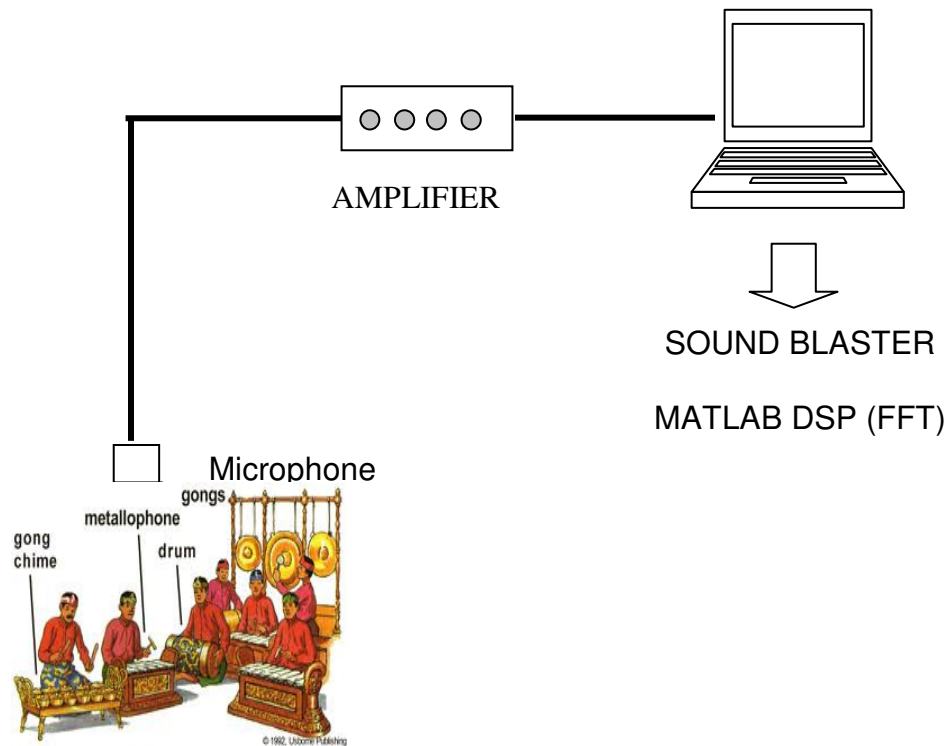
- a. Merekam dan menganalisis suara wilahan gamelan jawa standar
 - Gamelan Jawa Standar (KK Guntur Madu dan KK Naga Wilaga)
 - Tape recorder *Sony TCM-150*
 - Kaset kosong *Maxcell UE 90*
 - *Pre-amp*
 - kabel penghubung secukupnya
 - *Personal Computer*
 - *Microphone condenser*
- b. Mendrive suara pada electronic tone
 - VCD Player
 - Amplifier CK:1003
 - *CD-recodable 80min BenQ*
 - *Loudspeaker jenis tweeter PT-104 Piezoelectrico 150W.*
 - *Audiocable* secukupnya
 - *Electronic Tone*

3. Langkah Kerja

a. Pengambilan Data Bunyi Gamelan Dengan Program *Sound Forge 6.0*.

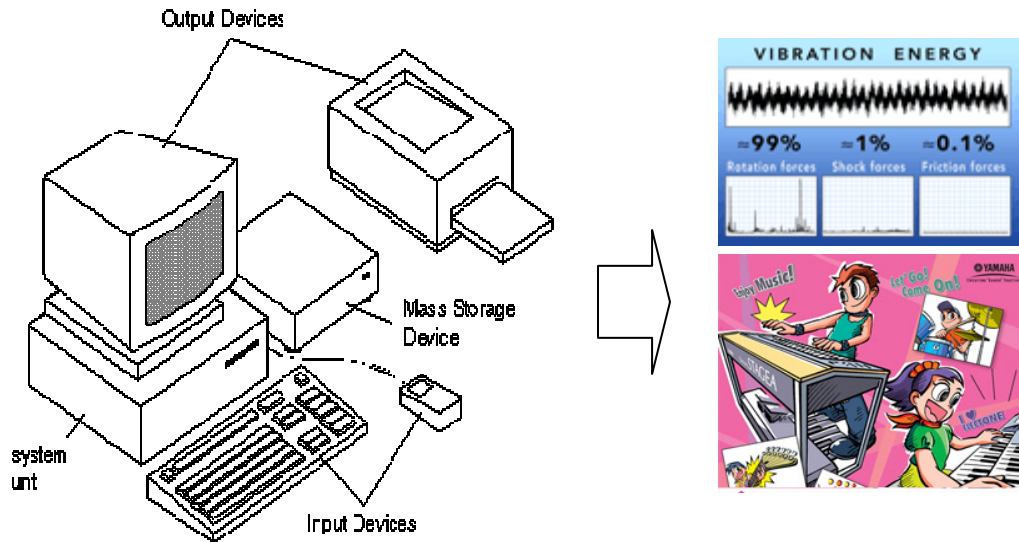
- 1). Mempersiapkan peralatan untuk merekam bunyi masing-masing wilahan gamelan jawa standar.

- 2). Menjalankan program *Sound Forge 6.0*. Setelah program aktif, mengatur *sampling rate* sebesar 44100 Hz, 16 bit, dan *line-in* dalam mode mono.



Gambar. 2. Susunan alat eksperimental perekaman wilahan bunyi gamelan ke dalam komputer sehingga dapat dilakukan analisis dan sintesis bunyi

- 3). Menyalakan tape recorder yang berisikan kaset rekaman bunyi masing-masing wilahan gamelan jawa standar kemudian merekamnya menggunakan *sound forge 6.0*.
- 4). Suara yang terekam dengan Sound Forge 6.0. dibunyikan kembali dan disimpan dalam format *Wav*. Dengan format itu maka file tersebut dapat dianalisis dengan menggunakan *Sound Forge 6.0*.
- 5). Mendesain input untuk dapat digunakan dalam electronic tone



2. Teknik Analisis Data Frekuensi Akustik dari Suara Gamelan Jawa

- a. Menentukan frekuensi tertinggi, amplitudo dalam *dB*, dan frekuensi lainnya menggunakan program *Sound Forge 6.0*

Suara yang sudah direkam dapat dianalisis secara langsung menggunakan aplikasi *Spectrum Analysis* yang tersedia dalam program *Sound Forge 6.0*. Hasil dari analisis ini adalah spektrum sinyal, di mana dari spektrum tersebut diperoleh nilai frekuensi dengan amplitudo paling tinggi (*prominent frequency*), frekuensi harmonik, dan frekuensi penyusun di sekitar frekuensi tertinggi serta nilai amplitudo masing-masing frekuensi tersebut. Nilai amplitudo dalam *dB* dapat dikonversikan menjadi amplitudo relatif terhadap *bit-rate* menggunakan persamaan berikut:

$$dB = 20 \log \frac{Amplitudo}{2^{nbit-1}} \dots\dots\dots (3.1)$$

atau

$$Amplitudo = 2^{nbit-1} \times 10^{\frac{dB}{20}} \dots\dots\dots (3.2)$$

Karena dalam perekaman menggunakan ADC dengan *bit-rate* 16 bit maka persamaan di atas dapat diubah menjadi:

$$\text{Amplitudo} = 32768 \times 10^{\frac{dB}{20}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan mengacu pada persamaan tersebut, maka rasio amplitudo dapat dituliskan secara matematis sebagai:

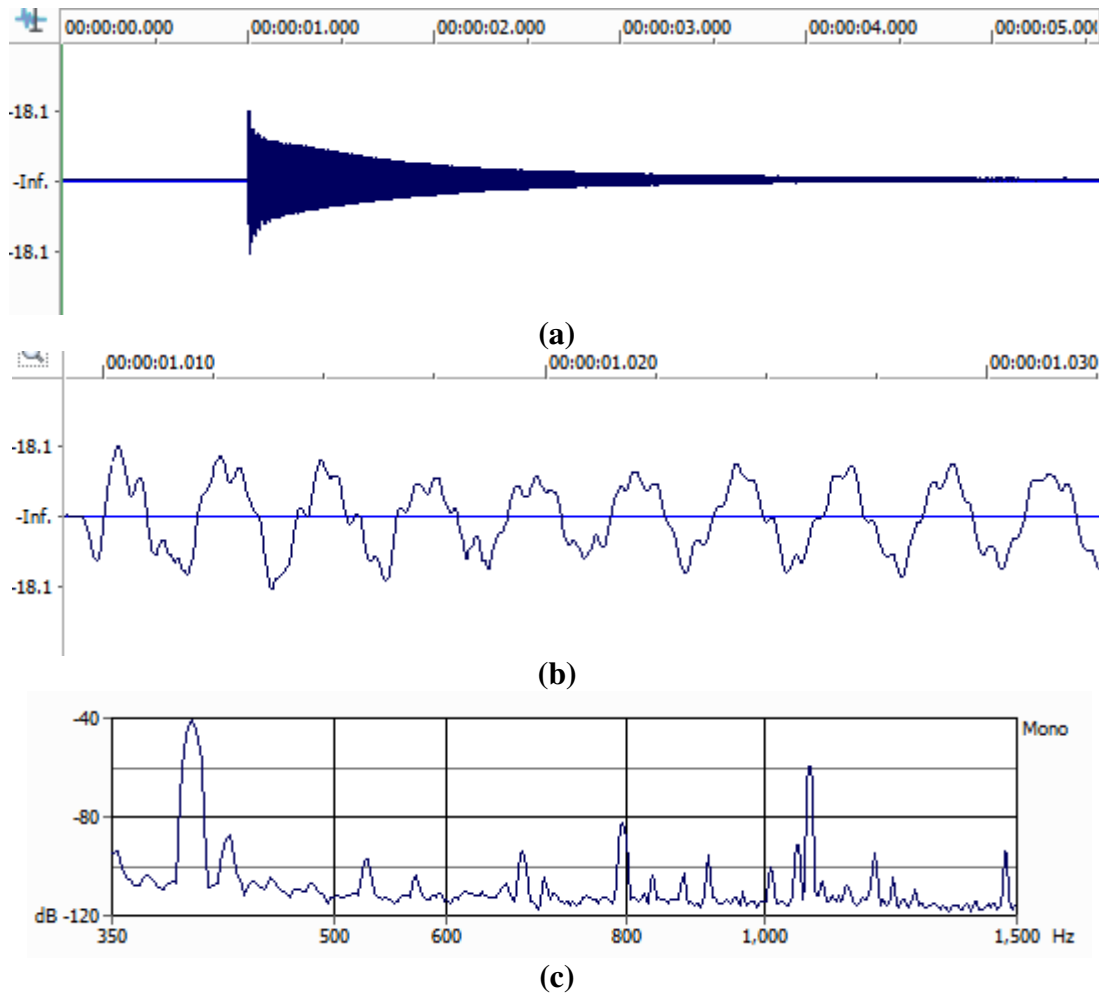
$$A_1: A_2: A_3: \dots A_n = 1 : 10^{\frac{dB_2 - dB_1}{20}} : \dots : 10^{\frac{dB_n - dB_1}{20}} \dots (3.4)$$

- b. Proses sintesis bunyi dilakukan berdasarkan persamaan (2.14). Data yang diperoleh dari analisis adalah frekuensi tertinggi (*prominent frequency*), frekuensi penyusun, amplitudo dan rasio amplitudo masing-masing frekuensi. Data tersebut disatukan dalam suatu algoritma berdasarkan persamaan (2.14) menggunakan program *Matlab* 6.5, sehingga diperoleh suatu data sebagai fungsi waktu. Untuk dapat mengubah data ini menjadi suara, aplikasi *Wavwrite* yang terdapat dalam program *Matlab* 6.5 digunakan, selanjutnya data diubah dalam bentuk *Wav file* yang kemudian dapat didengarkan suaranya.

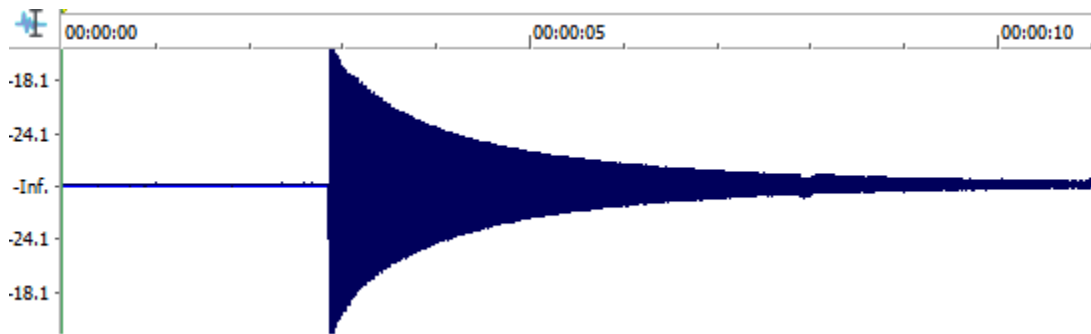
BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

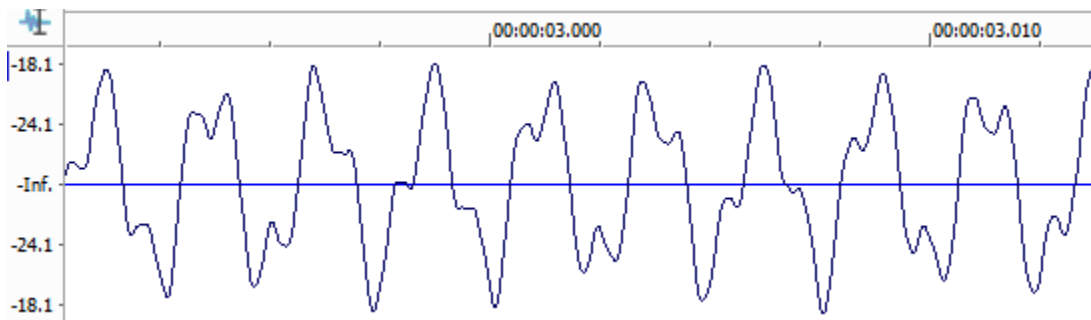
A. Spektrum Gamelan



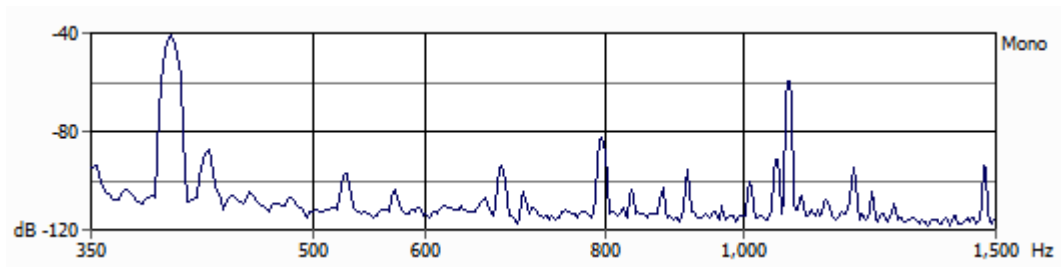
Gambar 1. Spektrum Wilahan 1 Saron Ricik gamelan Naga Wilaga; (a) bentuk gelombang sebagai fungsi waktu yang diperoleh, (b) perbesaran dari (a), dan (c) spektrum sebagai fungsi frekuensi (transformasi Fourier dari spektrum (a))



(a)

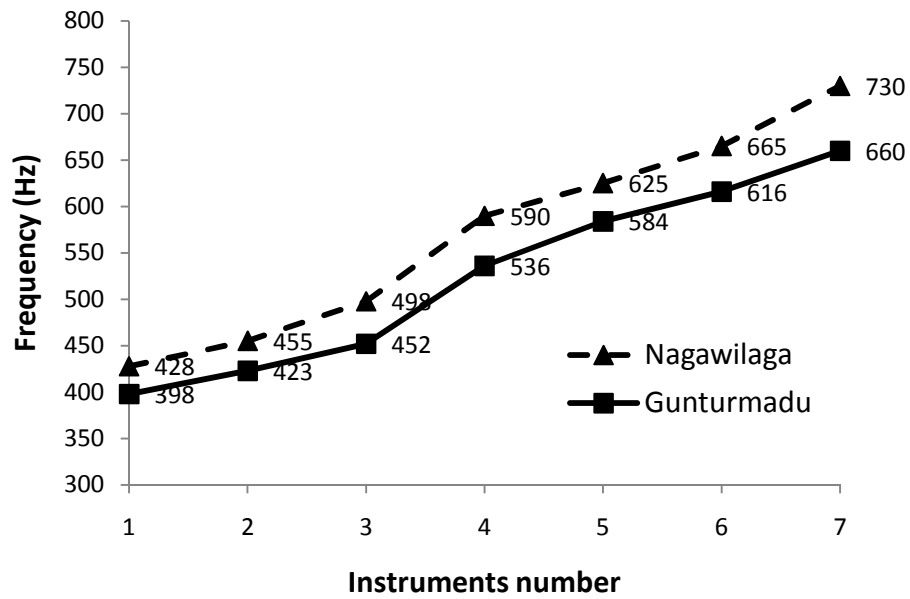


(b)

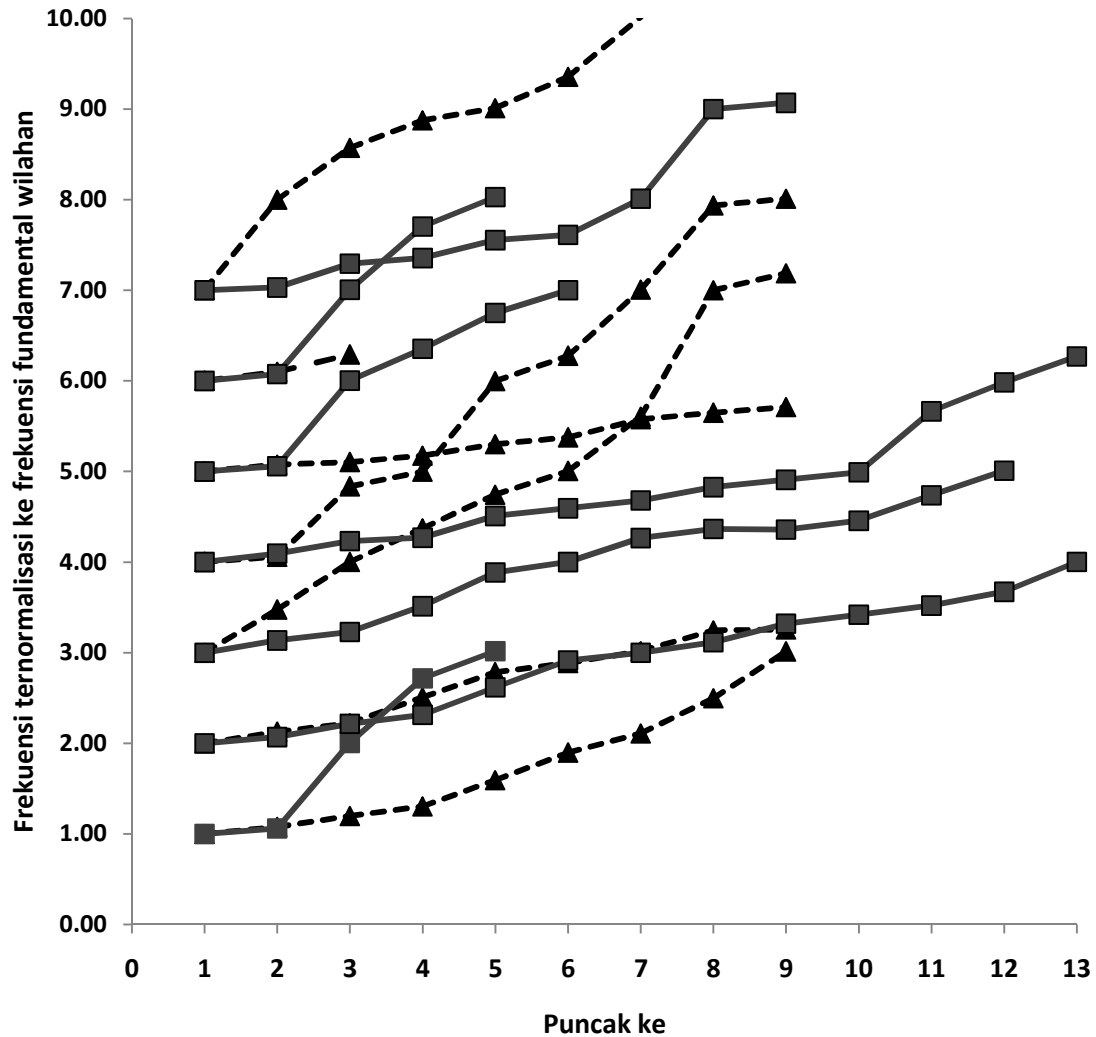


(c)

Gambar 1. *Saron Ricik* gamelan KK. Guntur Madu; (a) bentuk gelombang sebagai fungsi waktu yang diperoleh *wilahan* 1, (b) perbesaran dari (a), dan (c) spektrum sebagai fungsi frekuensi (transformasi Fourier dari spektrum (a))

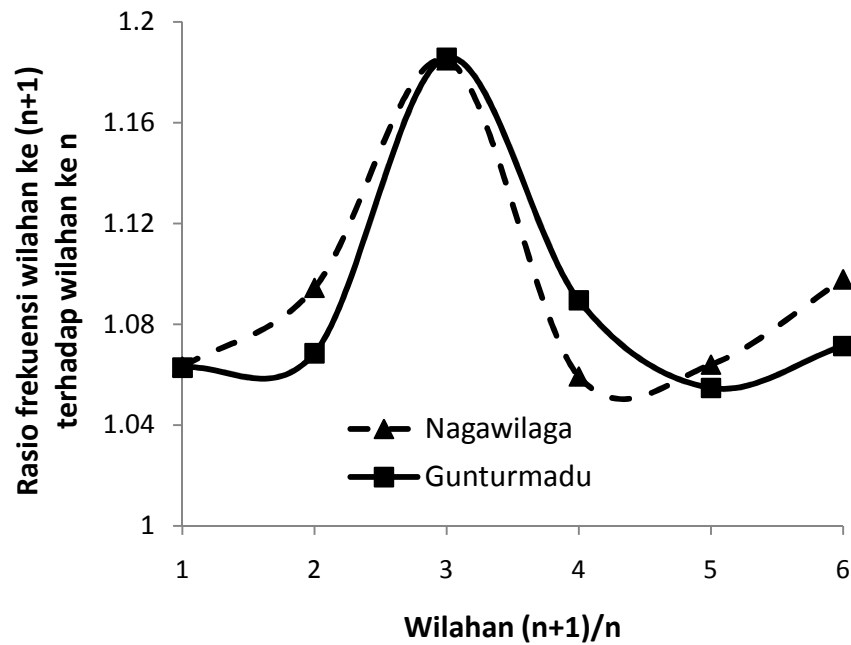


Gambar 3. Grafik perbandingan frekuensi fundamental Saron Ricik untuk gamelan Naga Wilaga dan Guntur Madu.



Gambar 4. Pola frekuensi yang dinormalisasi ke frekuensi fundamental untuk setiap wilahan

Saron Ricik gamelan KK. Naga Wilaga dan KK. Guntur Madu. (Untuk memudahkan penampilan, ordinat pada wilahan 2, 3,... ditambah dengan 1, 2, ...) (---▲--- KK.Naga Wilaga, —■— KK. Guntur Madu)



Gambar 5. Pola ratio frekuensi fundamental pada wilahan ke (n+1) terhadap frekuensi fundamental wilahan ke- n, masing-masing untuk Saron gamelan KK. Naga Wilaga dan KK. Guntur Madu

Tabel 1. Frekuensi fundamental (hertz) untuk setiap wilahan Saron Ricik pada gamelan KK. Naga Wilaga dan KK. Guntur Madu

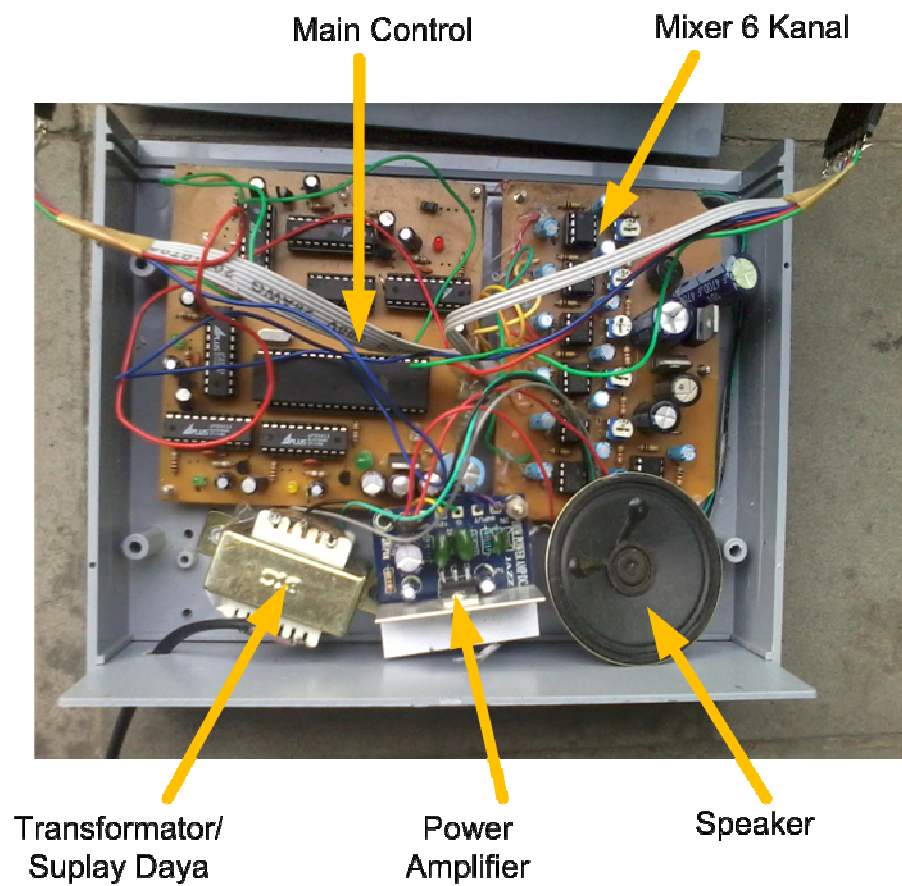
Gamelan	Wilahan ke						
	1	2	3	4	5	6	7
Nagawilaga	428	455	498	590	625	665	730
Gunturmadu	398	423	452	536	584	616	660

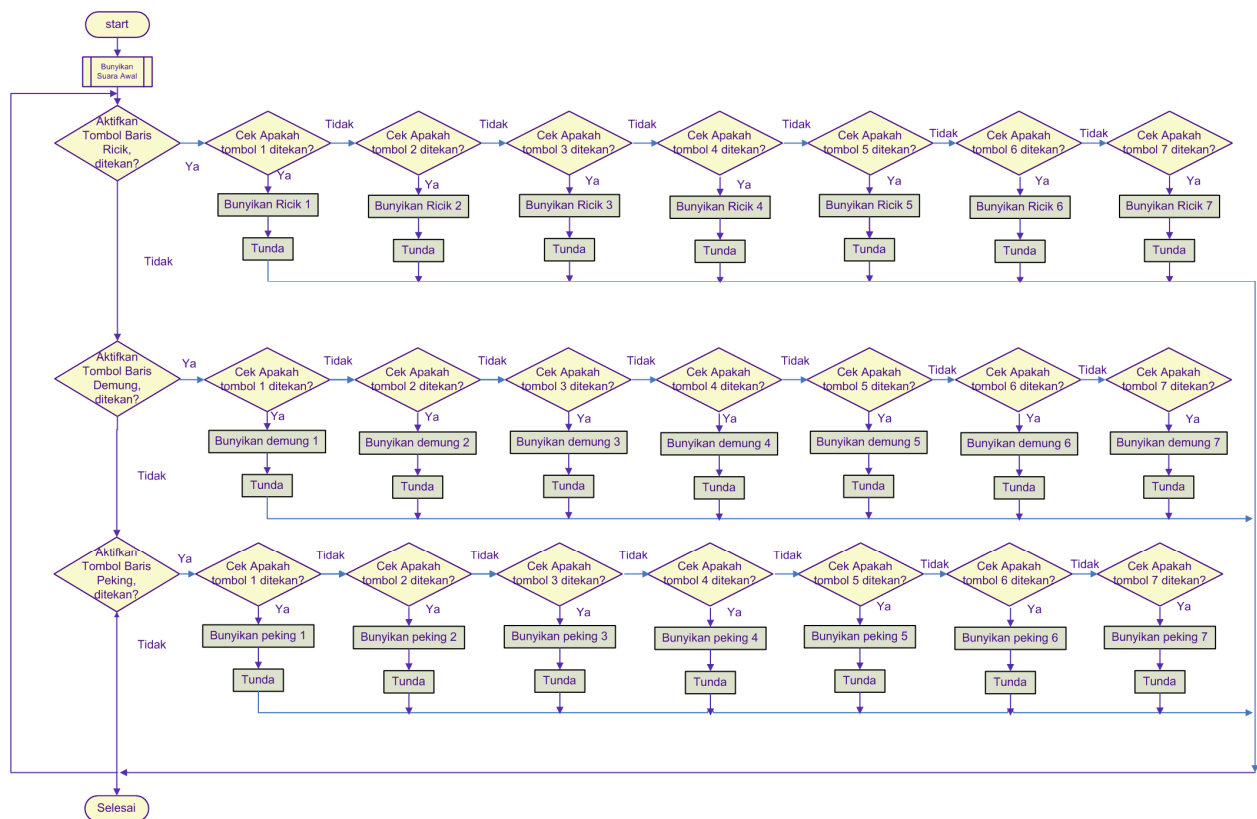
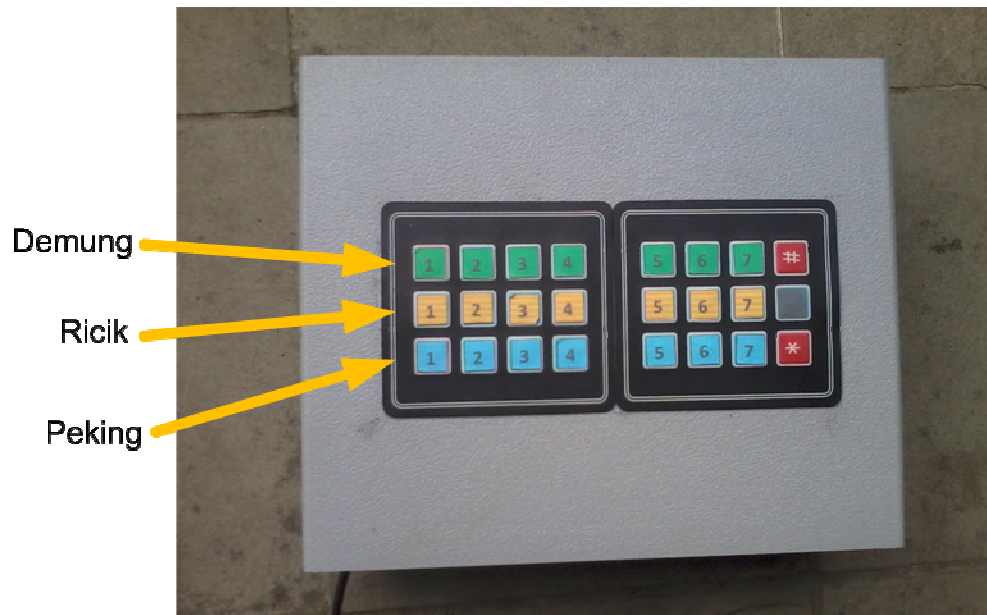
Tabel 2. Puncak-puncak frekuensi yang dinormalisasi ke frekuensi fundamental setiap wilahan
Saron Ricik pada gamelan KK. Naga Wilaga dan KK. Guntur Madu

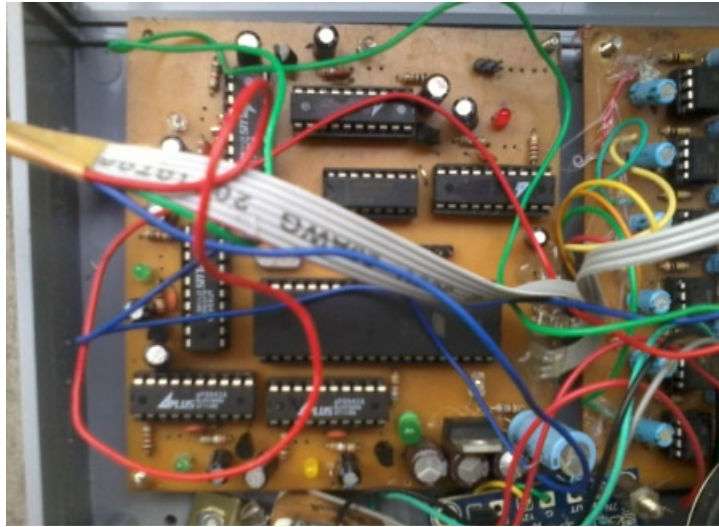
Puncak ke	KK. Naga Wilaga							KK. Guntur Madu						
	Wilahan ke							Wilahan ke						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1.08	1.13	1.47	1.06	1.08	1.10	2.00	1.06	1.07	1.13	1.09	1.06	1.08	1.03
3	1.20	1.22	2.00	1.83	1.10	1.29	2.57	2.01	1.22	1.23	1.23	2.00	2.01	1.29
4	1.30	1.51	2.37	2.00	1.17	1.48	2.88	2.72	1.31	1.51	1.27	2.35	2.70	1.36
5	1.59	1.78	2.74	3.00	1.30	1.54	3.01	3.02	1.62	1.88	1.51	2.75	3.03	1.55
6	1.89	1.89	3.00	3.27	1.37	1.61	3.36		1.91	2.00	1.59	3.00		1.61
7	2.11	2.02	3.61	4.01	1.58	1.68	4.02		2.00	2.27	1.68			2.01
8	2.50	2.25	5.00	4.94	1.65	1.81			2.12	2.37	1.83			3.00
9	3.01	2.26	5.19	5.01	1.71	2.01			2.32	2.36	1.91			3.07
10	3.88	3.01			2.00	2.87			2.42	2.46	1.99			
11	4.02	3.89			3.00	3.01			2.52	2.74	2.66			
12	5.02	4.03			3.38				2.67	3.01	2.98			
13	5.42	4.76							3.00		3.27			
Jumlah harmonik	5	4	5	5	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3

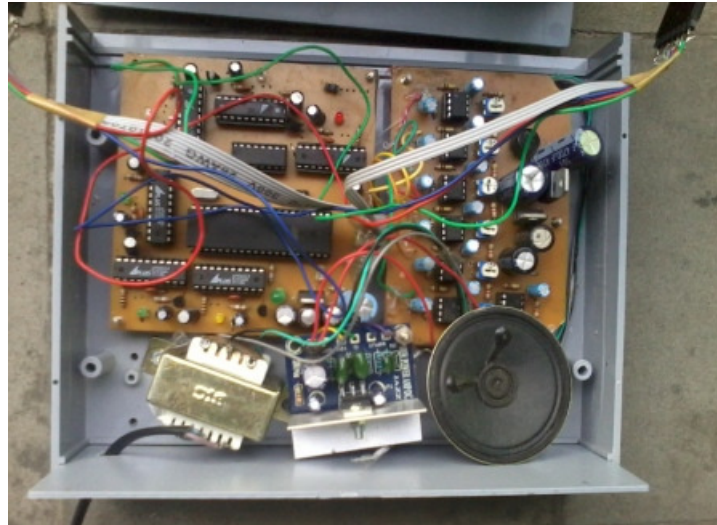
(

B. Rekayasa “gamelan” elektronik









BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hasil penelitian tahun pertama memperoleh sejumlah data spektrum untuk dua perangkat gamelan KK Naga Wilaga dan KK Guntur Madu. Sebagian data dimanfaatkan untuk publikasi paada seminar nasional dengan judul **Pemanfaatan Sonogram untuk Mengidentifikasi Gong Ageng dari Gamelan di Keraton Ngayogyakarta**. Penelitian juga menghasilkan produk berupa “eletone” dengan keluaran bunyi saron demung, ricik dan peking.

B. Saran

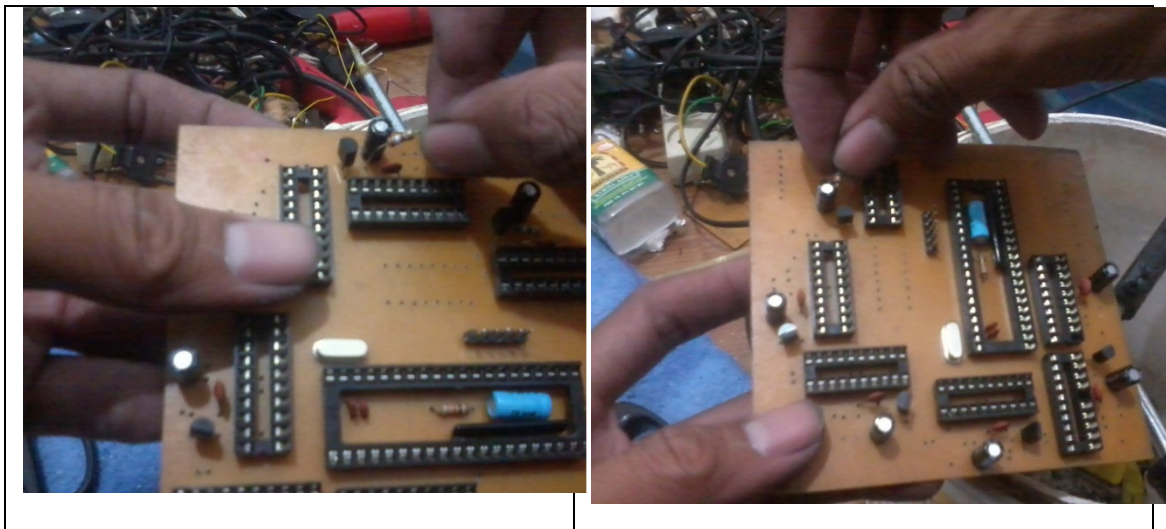
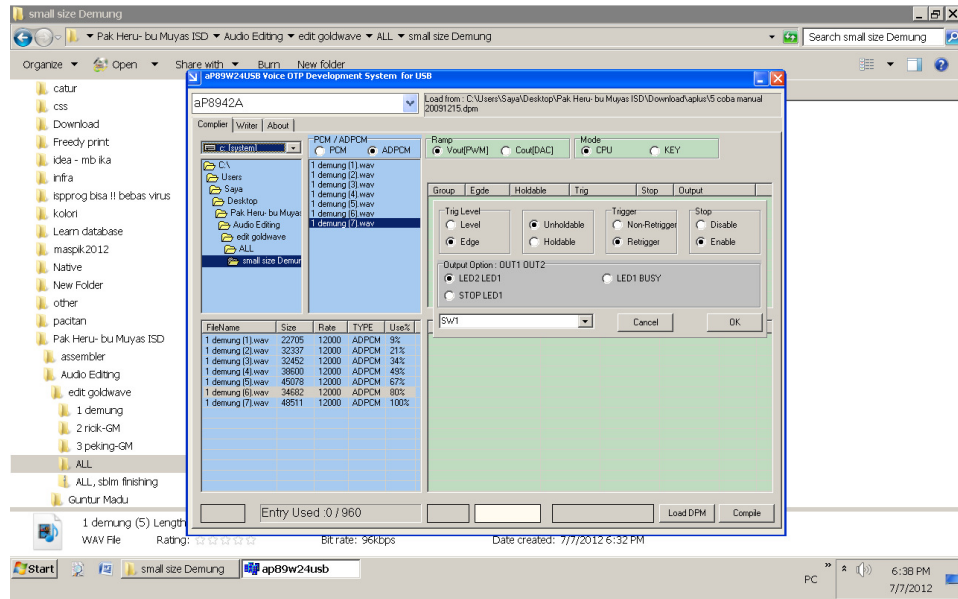
Penelitian perlu dilanjutkan untuk memperbaiki tampilan dari “electone” agar lebih menarik. Penelitian juga perlu dilanjutkan untuk menghasilkan”electone” dengan keluaran perangkat gamelan lain seperti boning, bende, dan kenong.

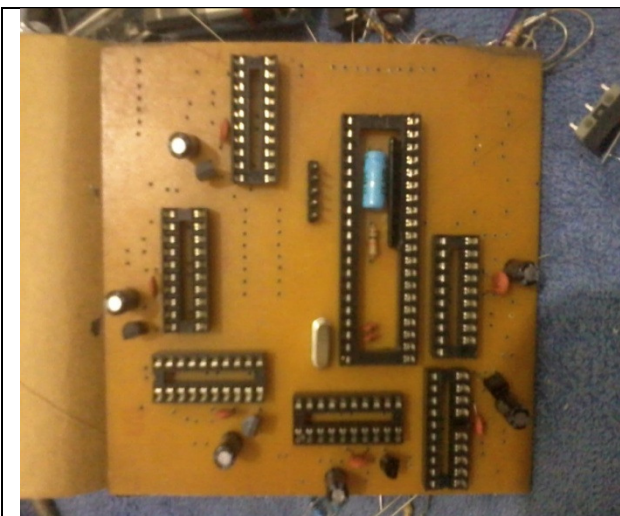
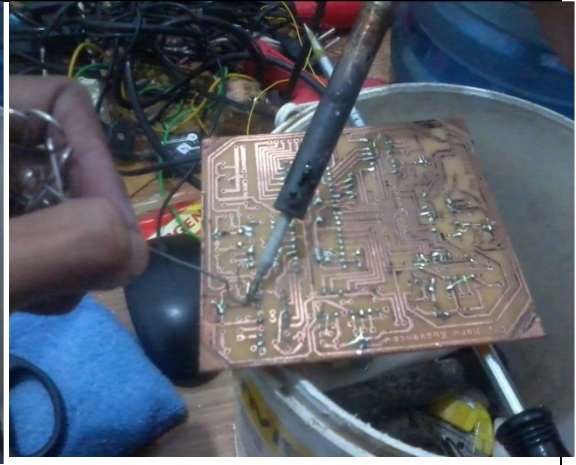
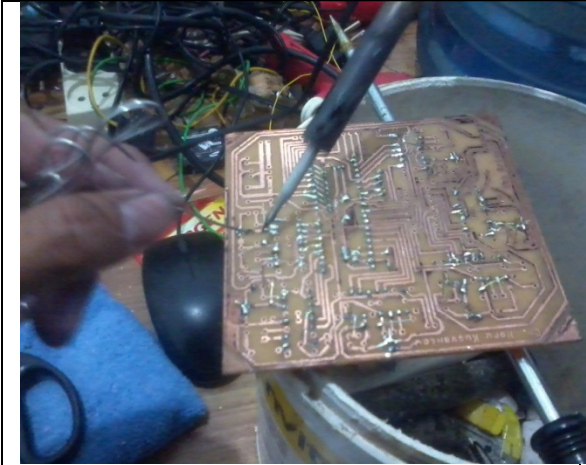
DAFTAR PUSTAKA

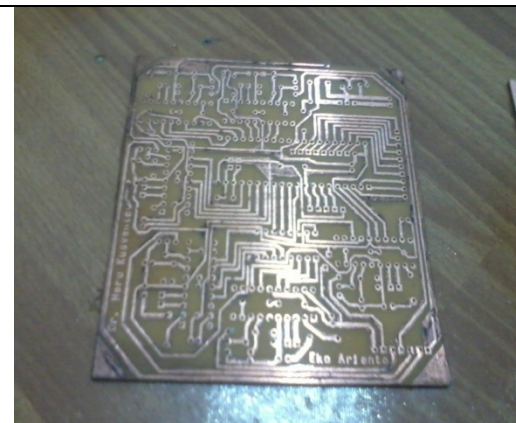
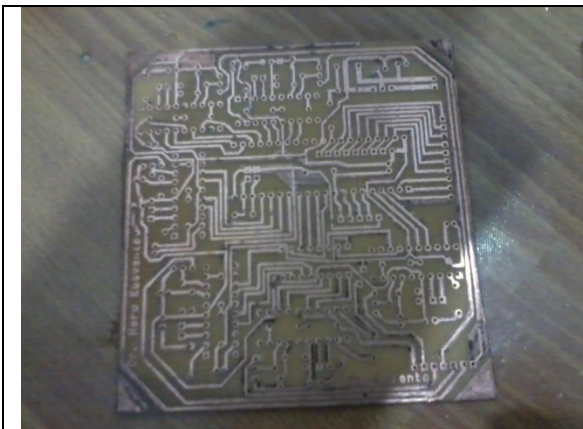
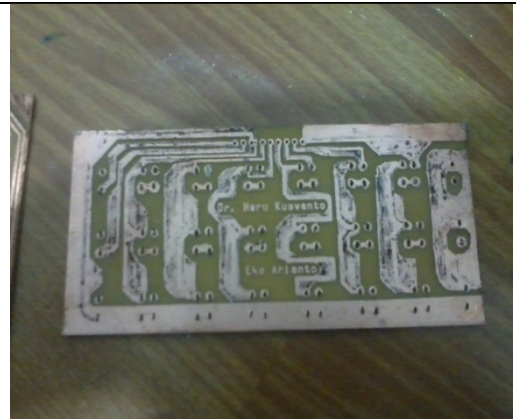
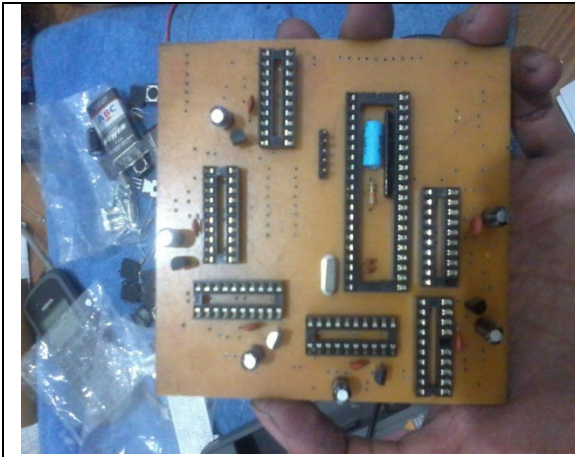
- Dessy Irmawati .(2006). Pendekatan analisis pola untuk mengetahui pengaruh Karawitan Campur Sari pada vokalisnya, dalam sistem skala nada pentatonis dan diatonis. *Jurnal Transmisi*, Vol 11. No 1; 6-10. Jogjakarta
- Derenzo, S.E., (2002). *Interfacing, Laboratory Approach Using the Microcomputer for Instrumentation, data Analysis, and Control*; Prentice-Hall International Inc. Englewood Cliffs.
- Miller, Christopher J. (2005). "Orchids (and Other Difficult Flowers) Revisited: A Reflection on Composing for Gamelan in North America." *Worlds of Music* 47(3):81-112
- HaskellWiki. <http://www.haskell.org/haskellwiki/Definition> (18 August 2007)
- J.H. Kwabena Nketia. 1982. "Developing Contemporary Idioms out of Traditional Music". *Studia Musicologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, T.24, Supplementum: Report of the Musicological Congress of the International Music Council: 81-97.
- New Adventures in Sound Art, <http://www.naisa.ca>, for information on the Sound Travels Emerging Artist Residency and the Sound Travels Festival of Sound Art.
- Remus, Bill. "Notes On Playing Gamelan Bali: Gong Kebyar Style". April 5, 1996. <http://remus.shidler.hawaii.edu/gamelan/balinota.htm> (1 August 2007)
- Sarah Weiss (2009). Gamelan of Central Java II: Ceremonial Music, and: Gamelan of Central Java IV: *Spiritual Music (review)* *Asian Music* - Volume 40, Number 1, Winter/Spring 2009, pp. 157-161
- Sadaoki Furui.,(1989), Digital Speech Processing Synthesis and Recognition. Addison-Wesley Publishing Company.
- Shannon, C. E. Dan Weaver, W.,(1949), The Mathematical Theory of Communication, University of Illinois Press.
- Suyadi., (2002). Kreativitas dalam Seni Karawitan, Makalah Program Pasca Sarjana Institut seni Indonesia Yogyakarta.
- Soedarso Sp., (2000). Revitalisasi seni Rakyat dan Usaha memasukkannya ke dalam seni Rupa kontemporer Indonesia, Makalah Program Pasca Sarjana Institut seni Indonesia Yogyakarta.
- Son Kuswadi., 2000, Kendali Cerdas. EEPIS Press, Surabaya. Indonesia.
- Supanggah, 2002. *Sekar Macapat*, CV. Mahenoko, Yogyakarta.
- Southworth, Christine N."Statistical Analysis of Tunings and Acoustical Beating Rates in Balinese Gamelans". June, 2001. www.kotekan.com/thesis.html . (12 June 2007)

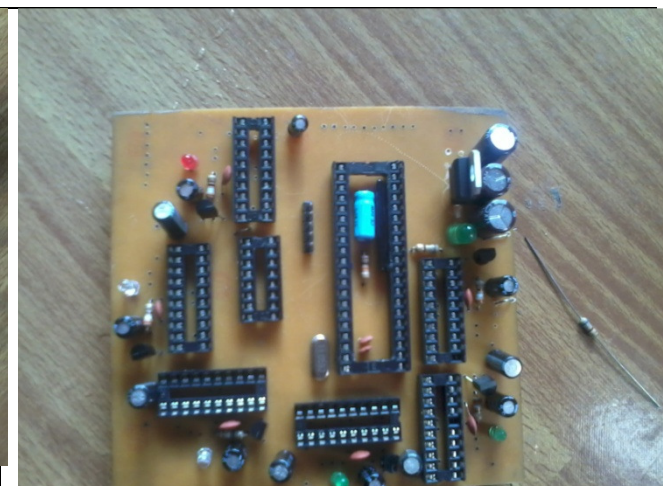
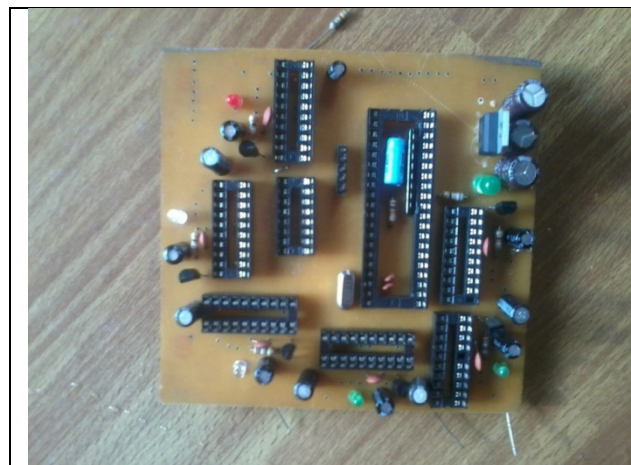
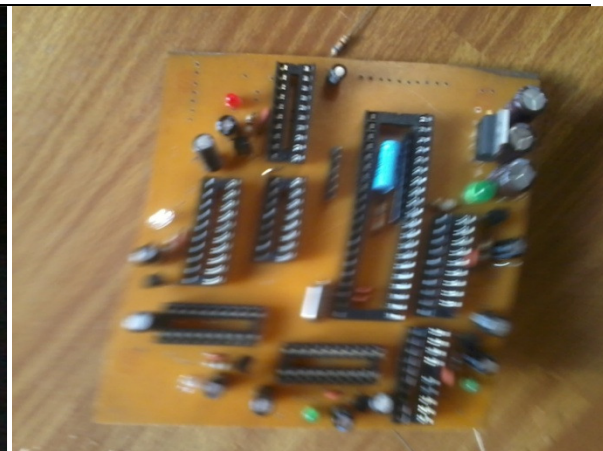
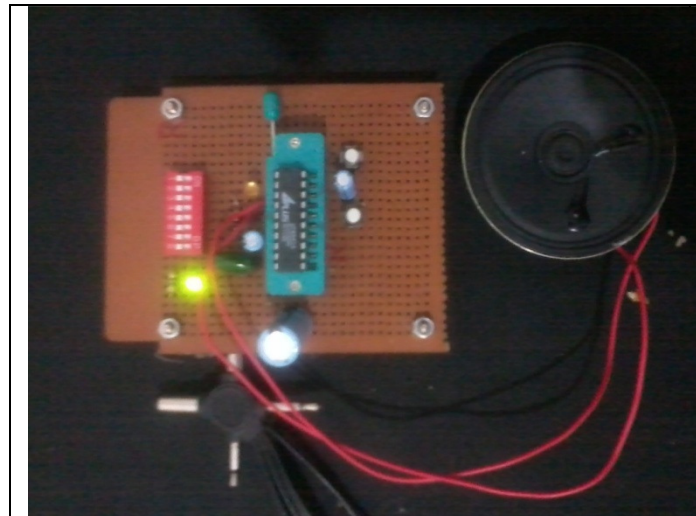
- Sri Widodo, Sugino, 1996, *Ketrampilan Karawitan*, CV. Cendrawasih, Surakarta.
- Turner, J.D., 1988, *Instrumentation For Engineers*, Macmillan Education LTD., London.
- Tenzer, Michael. (2003). "Jose Maceda and the Paradoxes of Modern Composition in Southeast Asia." *Ethnomusicology* 47(1):93-120
- Wasisto Surjodiningrat, P.J. Sudarjana, Adhi Susanto, (1969) *Penyelidikan Dalam Pengukuran Nada Gamelan-gamelan Jawa Terkemuka di Yogyakarta dan Surakarta*, Laboratorium Akustik Bagian Mesin FT UGM, Yogyakarta
- THE AUDIOBOX™ sound diffusion system, <http://www.richmondsounddesign.com>
- Canadian Electroacoustic Community, <http://cec.concordia.ca.ca>, for information on membership, publications and projects.
- Southworth, Christine N. "Statistical Analysis of Tunings and Acoustical Beating Rates in Balinese Gamelans". June, 2001. www.kotekan.com/thesis.html . (12 June 2007)
- Traux, Barry. *Acoustic Communication*, 2nd. ed. Ablex Publishing, 88 Post Road West, Westport, CT 06881. 2001. <http://www.sfu.ca/~truax/ac.html>
- Wishart, Trevor. *Audible Design: A Plain and Easy Introduction to Practical Sound Design*. York: Orpheus and Pantomime Ltd. 1994.
- Wishart, Trevor. *On Sonic Art--New and Rev. ed. -- (Contemporary music studies; V. 12)*. Overseas Publishers Association, Emmalein 5, 1075 AW Amsterdam, The Netherlands. 1996.
- Tenzer, Michael. (2003). "Jose Maceda and the Paradoxes of Modern Composition in Southeast Asia." *Ethnomusicology* 47(1):93-120

Lampiran Foto Foto kegiatan









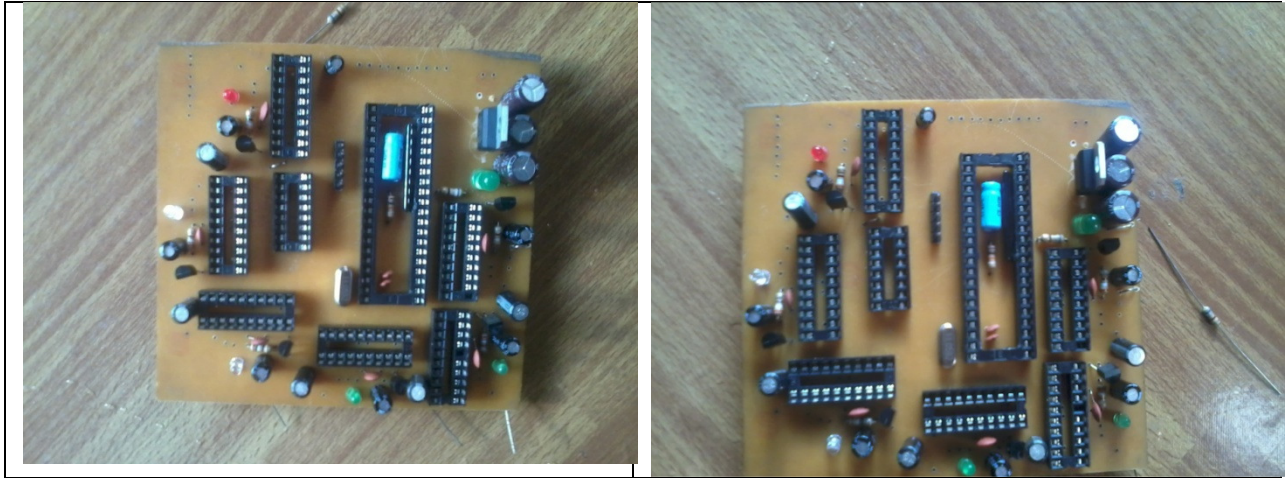
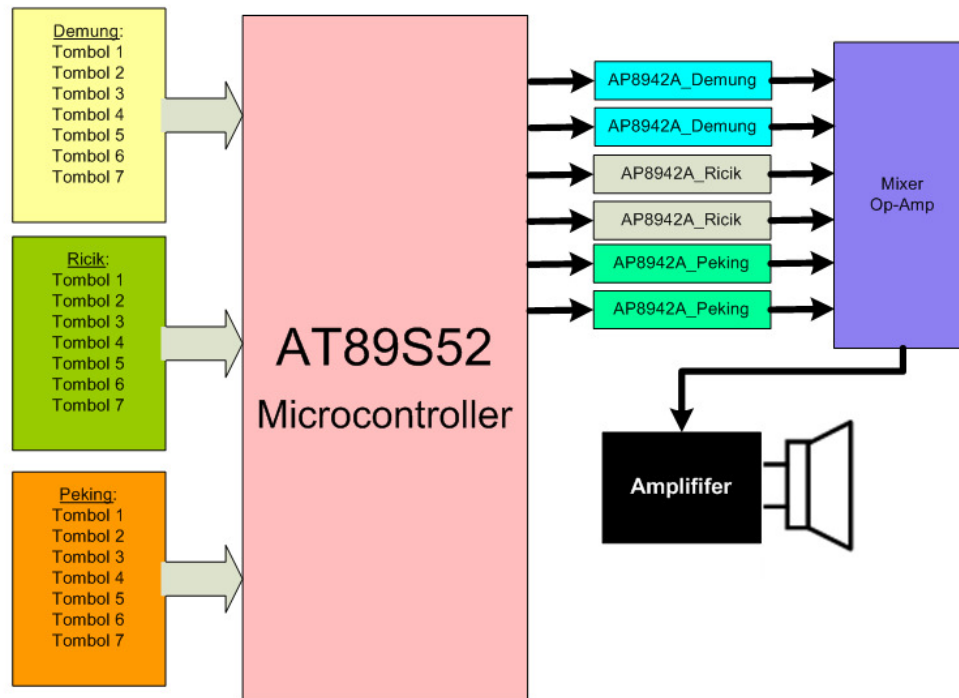
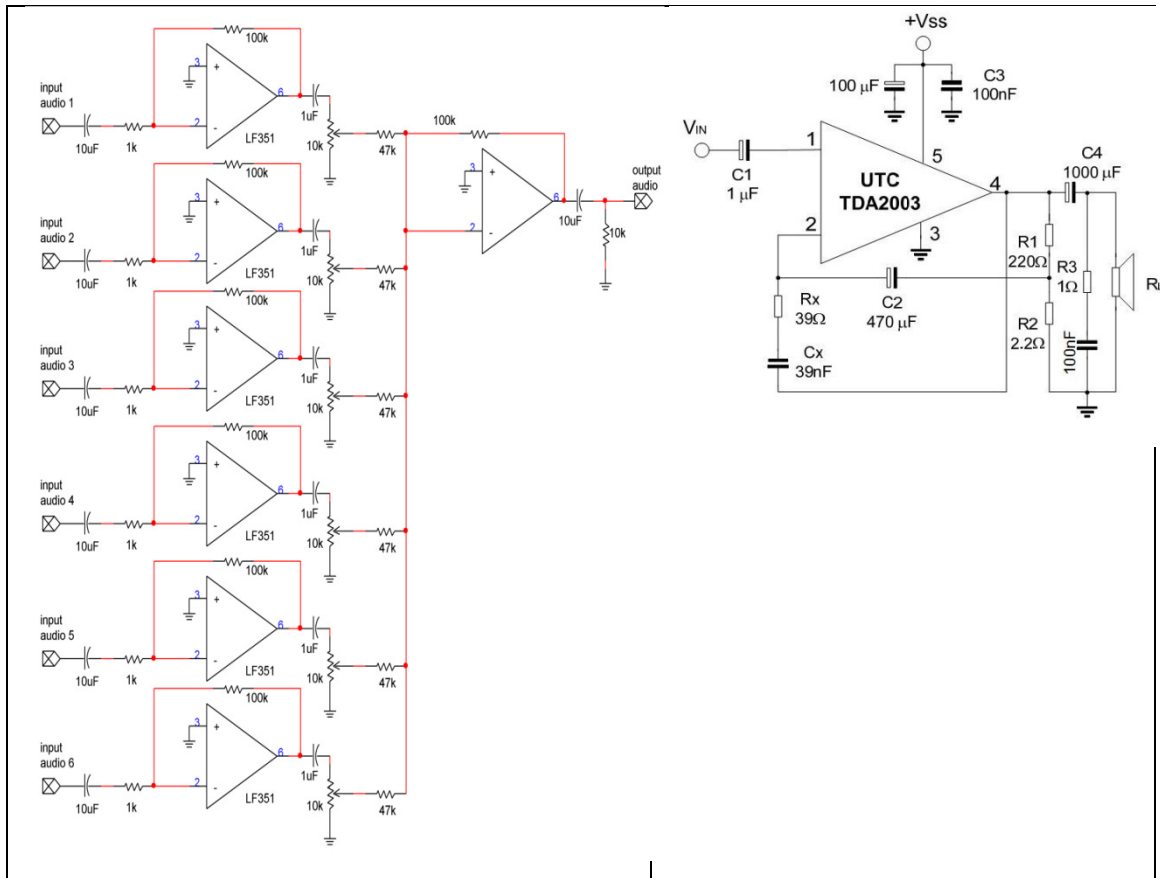
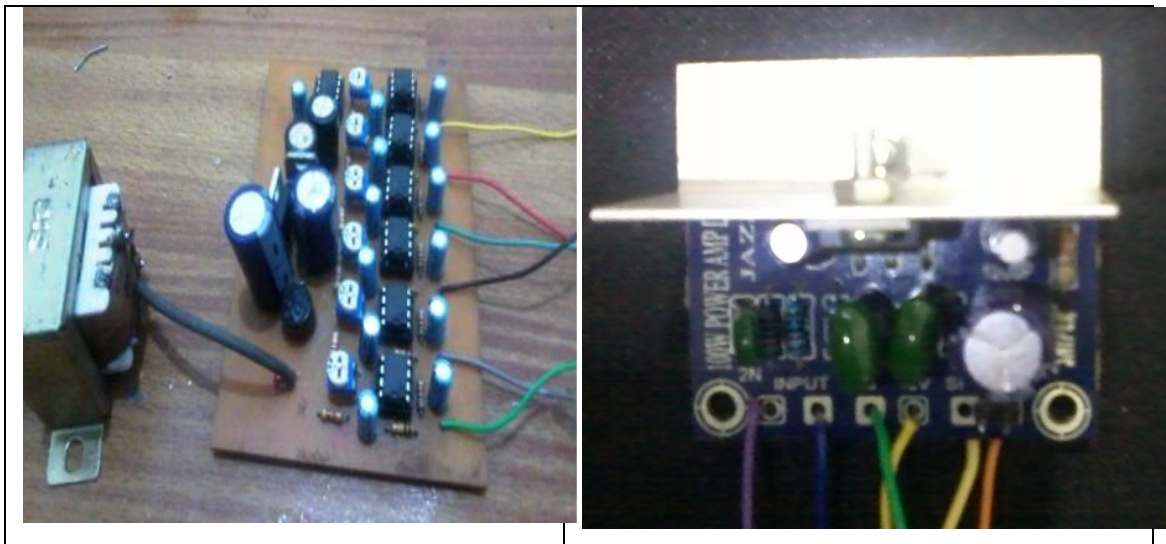


Diagram Blok





mixer



Makalah pada Seminar Nasional FMIPA UNY, 2 Juni 2012

PEMANFAATAN SONOGRAM UNTUK MENGIDENTIFIKASI GONG AGENG DARI GAMELAN DI KERATON NGAYOGYAKARTA

Heru Kuswanto

Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Yogyakarta, Jl. Colombo 1, Yogyakarta 55282, Indonesia

Email: herukus61@yahoo.fr

Abstrak

Bunyi yang dihasilkan oleh suatu alat musik umumnya ditampilkan dalam domain waktu yang berupa bentuk gelombang (*waveform*). Tampilan ini menggambarkan evolusi intensitas bunyi terhadap waktu. Dari bentuk gelombang ini dapat dianalisis waktu yang diperlukan untuk *attack*, *decay*, *sustain*, dan *release*. Untuk memperoleh informasi tentang frekuensi, bentuk gelombang dalam domain waktu ditransformasi ke dalam domain frekuensi melalui FFT, hasilnya berupa spektrum. Sonogram menggabungkan evolusi intensitas suara dari kedua domain, waktu dan frekuensi. Pada makalah ini akan dikaji pemanfaatan sonogram sebagai pengidentifikasi "*finger print*" gong ageng dari beberapa gamelan yang dimiliki oleh Keraton Ngayogyakarta.. Perekaman bunyi gong dilakukan dengan menempatkan mikrofon di dekat gong. Mikrofon dihubungkan dengan komputer yang sudah diinstal program pengolah suara. Penabuh gong adalah abdi dalem keraton yang mendapat tugas sebagai penabuh gamelan. Bunyi yang dihasilkan direkam dan disimpan dalam computer, dan selanjutnya dianalisis. Hasil analisis menunjukkan adanya pola-pola yang sedikit berbeda, antar gong ageng.

Kata kunci: *sonogram, gamelan, gong ageng*

Pendahuluan

Pada makalah ini akan dibahas sonogram atau sering disebut pula spectrogram untuk menganalisis bunyi yang dihasilkan oleh alat musik. Metode ini akan digunakan untuk menganalisis bunyi yang dihasilkan oleh Gong Ageng dari gamelan-gamelan yang dimiliki oleh Keraton Ngayogyakarta. Bagi yang berkecimpung di bidang spektroskopi bukanlah metode baru, akan tetapi penerapannya untuk menganalisis suara yang ditimbulkan instrument gamelan belum pernah ada yang melakukan.

Kajian frekuensi yang dihasilkan oleh instrument gamelan pertama kali dilakukan oleh Kundst dengan menggunakan monokord yang mengandalkan kemampuan telinga. Kajian sistematis dilakukan oleh Wasisto (1969) dengan CRO (*cathode ray oscilloscope*) terhadap sejumlah gamelan yang terkenal di daerah Yogyakarta dan Surakarta. Kajian oleh Wasisto menghasilkan frekuensi utama dari setiap *wilahan* (kunci, key) instrument gamelan. Kajian warna bunyi (*timbre*) dilakukan oleh Sethares (2005) untuk dua gamelan. Kuswanto (2011, 2012a, 2012b) melakukan kajian untuk timbre pada saron dari gamelan Keraton Ngayogyakarta.

Pada kajian *timbre*, cukup memanfaatkan spektrum pada ranah frekuensi, sebagai transformasi Fourier bentuk gelombang, yang ditampilkan dalam ranah waktu. Analisis Fourier tidak mampu menampilkan perubahan konten frekuensi dari suara. Sonogram menampilkan frekuensi dan amplitude setiap frekuensi sebagai fungsi waktu, dengan demikian evolusi intensitas setiap frekuensi dapat diikuti. Alm dan Walker (2002) telah memanfaatkan sonogram untuk menganalisis suara yang dihasilkan oleh piano dan terompet.

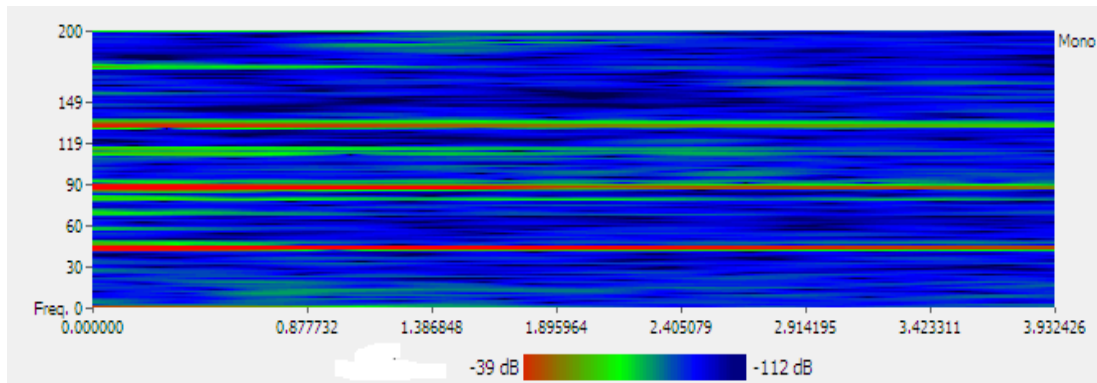
Metode

Data suara dari instrumen gamelan direkam, dengan bantuan mikropon, pada komputer yang sudah diinstal pengolah suara. Mikropon diletakkan di dekat instrumen. Pemukul instrument adalah seorang empu penabuh gamelan yang ditunjuk oleh *Penghageng Kawedanan*. Perekaman dilakukan di Keraton

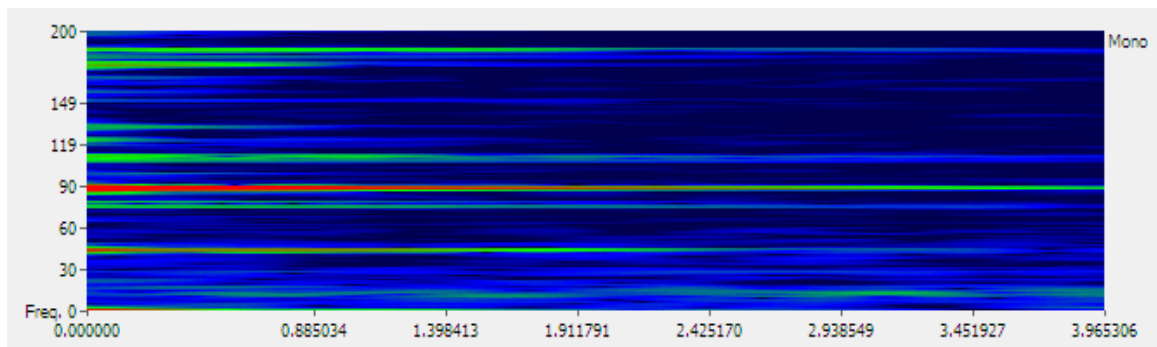
Ngayogyakarta. Data disimpan dengan ekstension .wav. Analisis dilakukan dengan menggunakan pengolah bunyi yang ada di dalam komputer.

Hasil dan Pembahasan

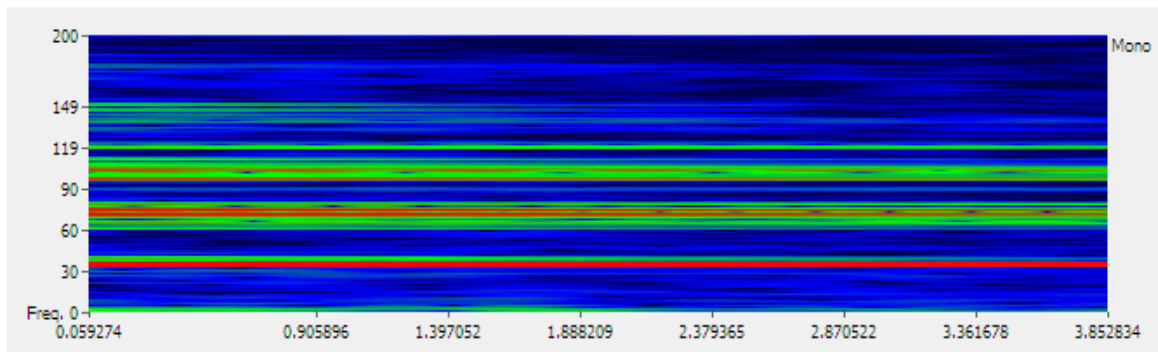
Gambar 1, 2, dan 3 berturut-turut *merupakan* spectrogram dari Gong Ageng pada gamelan KK Sirat Madu, KK Carabalen dan KK Gunturmadu. Spektrogram ini menggambarkan evolusi intensitas bunyi dari frekuensi yang dihasilkan oleh ketiga Gong Ageng. Intensitas gong dibedakan dengan warna yang berbeda. Kaitan warna dan intensitas ditunjukkan pada label yang ada di bawah Gambar 1. Warna merah (gelap, pada tampilan hitam putih) menunjukkan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan warna hijau dan seterusnya sampai warna biru (terang, pada tampilan hitam putih).



Gambar 1 Sonogram Gong Ageng KK Sirat Madu



Gambar 2 Sonogram Gong Ageng KK Carabalen



Gambar 3 Sonogram Gong Ageng KK Gunturmadu

Gong Ageng dari KK Sirat madu menampilkan tiga frekuensi yang berwarna merah yang diikuti tujuh frekuensi lain dengan intensitas yang lebih rendah. Frekuensi pada sekitar 45 Hz memiliki intensitas kuat yang lebih lama dibandingkan dengan frekuensi lain. Apabila ditampilkan pada spektrum, frekuensi ini merupakan frekuensi fundamental. Kedua frekuensi lain intensitasnya menurun lebih cepat dibandingkan dengan frekuensi fundamental.

Sonogram dari Gong Ageng gamelan KK Carabalen memiliki jumlah frekuensi yang lebih sedikit dibandingkan dengan dari KK Sirat Madu. Dua frekuensi yang intensitasnya lebih tinggi dibandingkan dengan enam frekuensi lain. Frekuensi yang memiliki waktu lebih lama berada pada frekuensi sekitar 90 Hz. Frekuensi ini bukan merupakan frekuensi fundamental, tetapi merupakan harmonik kedua. Sebaliknya frekuensi fundamental yang berada di sekitar 45 Hz, seperti pada gamelan KK Sirat madu. Akan tetapi intensitas frekuensi fundamental lebih cepat habis, daripada harmonik pertama.

Frekuensi bunyi yang dikeluarkan oleh Gong Ageng KK Gunturmadu lebih banyak dibandingkan dengan kedua Gong Ageng sebelumnya, yaitu sebanyak 13 frekuensi. Intensitas frekuensi fundamental terlihat lebih tegas dibandingkan dengan frekuensi yang lain. Frekuensi fundamental Gong Ageng KK Guntur madu lebih rendah dibandingkan dengan kedua gong ageng sebelumnya, akan tetapi intensitasnya berlangsung lebih lama.

Hasil rekaman sonogram dari ketiga Gong Ageng memberikan pola yang berbeda, yang menunjukkan kandungan frekuensi (timbre) yang berbeda. Keadaan ini wajar, oleh karena penalaan tidak dilakukan dengan menggunakan

frekuensi baku. Penalaan dilakukan dengan menggunakan psychoacoustic dari para empu gamelan. Dengan bantuan peralatan dan rekaman ini dapat dimungkinkan adanya penalaan yang didasarkan pada gamelan tertentu. Hasil ini juga merupakan semacam “finger print” dari ketiga Gong Ageng.

Kesimpulan

Sonogram dari Gong Ageng yang bersal dari gamelan KK Sirat Madu, KK Carabalen, dan KK Guntur Madu menunjukkan kandungan frekuensi dan intensitasnya yang berbeda. Perbedaan ini disebabkan penalaan gamelan tidak dilakukan dengan menggunakan frekuensi tertentu. Hasil sonogram dapat dijadikan sebagai acuan untuk penalaan Gong Ageng lain apabila diinginkan Gong Ageng tersebut memiliki karakter yang disesuaikan dengan ketiga gamelan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada *Panghageng Kawedanan Hageng Kridhamardawa Kraton Ngayogyakarta Hadiningrat* cq GBPH Yudaningrat yang telah mengijinkan peneliti untuk merekam gamelan yang dimiliki oleh Kraton. Terima kasih disampaikan pula kepada Sumarna, Agus Purwanto, dan Budi Cipto H, yang banyak memberikan sumbangan tenaga dan teknis perekaman.

Daftar Pustaka

- Alm, J.F., Walker, J.S., 2002. Time-Frequency Analysis of Musical Instruments. *SIAM REVIEW, Society for Industrial and Applied Mathematics*. Vol. 44, No. 3, pp. 457–476
- Berg, R.E. and D.G. Stork, 2005. *The Physics of Sound*. 3rd ed., New Jersey. Prentice Hall
- Fletcher, N. H. 1999 The nonlinear physics of musical instruments. *Rep. Prog. Phys.* 62 pp.723–764.
- Gilbert, P.U.P.A., Haeberli, W. 2008. *Physics in the Arts*. Amsterdam : Elsevier

- Guangming Li. 2006. The Effect of Inharmonic Spectra in Javanese Gamalen Tuning (I): A Theory of the Slendro, *Proceedings of the 7th WSEAS international conference on Acoustic & Music: Theory and Applications*, Cavtat, Croatia, June 13-15, (pp 65-71)
- Gunther L. 2012. *The Physics of Music and Color*. New York: Springer
- Heru K, 2011. Comparison Study of *Saron Ricik* Instruments' Sound Color (Timbre) on the Gamelans of *Nagawilaga* and *Gunturmadu* from *Karaton Ngayogyakarta* International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS Vol: 11 No: 04
- Howard, D.M., Angus, J.A.S. 2009. *Acoustics and Psychoacoustics* 4th edition. Amsterdam: Elsevier
- Merthayasa I.G.N. and Pratomo B. 2008 The Temporal and Spectral characteristics of Gamelan Sunda Music. *Proceeding Acoustics 08*, Paris, June 28-July 4.
- Ridzuwary, M., Zainal M., Samad, S. A., Hussain, A., Azhari, C.H. 2009. Pitch and timbre determination of the *angklung*. *American Journal of Applied Sciences*, January
- Sethares, W.A., 2005. *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*. 2^{ed}. London: Springer.
- Spiller, H., 2004 *Gamelan: The Traditional sounds of Indonesia*, Santa Barbara: ABC-CLIO, Inc,
- Sumarsam. 1980. "The Musical Practice of the Gamelan *Sekaten*." *Asian Music* 12 (2): 54–73.
- Suprpto, Y.K., Hariadi, M., and Purnomo, H. M., 2011. *Traditional Music Sound Extraction Based on Spectral Density Model using Adaptive Cross-correlation for Automatic Transcription*. IAENG International Journal of Computer Science, 38:2, IJCS_38_2_01
- Wasisto S., P.J. Sudarjana, Adhi S., 1993. *Tone Measurements Of Outstanding Javanese Gamelan In Yogyakarta And Surakarta*, Gadjah Mada University Press, Translated from. *Penyelidikan dalam Pengukuran Nada Gamelan-gamelan Jawa Terkemuka di Jogjakarta dan Surakarta*. Yogyakarta: Laboratorium Akustik, Bagian Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UGM, 1969.

